

# Ich bei ZF. Prozessentwicklerin und Rhythmusgenie.

Ich tanze für mein Leben gerne. Und egal, ob beim Tanzen oder im Job: Ich möchte mich nicht auf meinem aktuellen Level ausruhen, sondern bei allem, was ich anpacke, dazulernen. Kommunikation ist in meinem Arbeitsalltag sehr wichtig. Gerade da bringe ich gerne neue Aspekte ein, die das Gespräch weiterbringen. Mein Name ist Heidi Galle und ich arbeite als Ingenieurin in der Prozessentwicklung und im Qualitätsmanagement. Mehr über mich, meine Arbeit und was ZF als Arbeitgeber so attraktiv macht, gibt es unter [www.ich-bei-zf.com](http://www.ich-bei-zf.com).



Mehr über mich und meine Arbeit bei ZF erfahren Sie hier:



HOCHSCHULE  
KONSTANZ  
TECHNIK, WIRTSCHAFT  
UND GESTALTUNG

AUSGABE 2013 / 2014 ISSN 1619-9812

# FORUM

Das Forschungsmagazin der Hochschule Konstanz



## TECHNIK WIRTSCHAFT GESTALTUNG

**INHALTE:** Technologietransfer: Seerhein-Lab | Effects of using different types of signals to transport Kanban Information | Graphische DSLs für modellgetriebene Softwareentwicklung | Auswirkungen von Niedrigwasserereignissen auf Wirtschaft und Binnenschifffahrt | New business development with semiautonomous entrepreneur-teams | Schatten-IT | Design eines autonomen Doppelrumpf-Wasserroboters mit erweiterter Manövrierfähigkeit | Ein verteilt-parametrischer Ansatz zur Regelung von Dualspulventilen | sowie: **Expertenprofile, Projekte, Studienangebot**

## HOCHSCHULE KONSTANZ

### VORWORT

*Gunter Voigt, Vizepräsident Forschung*

### TECHNOLOGIETRANSFER: ANGEWANDTE FORSCHUNG IN INDUSTRIELLER KOOPERATION – DAS SEERHEIN-LAB

*Christian Baranowski, Stefan Eichenhofer, Thomas Fox, Oliver Haase, Nikolaus Moll, Jürgen Wäsch*

### STUDIENANGEBOT

*Bachelor- und Master-Studiengänge, Promotion*

### EXPERTEN

*Expertenprofile der Professorinnen und Professoren*

## TECHNIK

### EFFECTS OF USING DIFFERENT TYPES OF SIGNALS TO TRANSPORT KANBAN INFORMATION

*Markus Straub, Carsten Manz*

### GRAPHISCHE DSLS FÜR MODELLGETRIEBENE SOFTWARE-ENTWICKLUNG

*Markus Gerhart, Marko Boger*

### AUSWIRKUNGEN VON NIEDRIGWASSEREREIGNISSEN AUF WIRTSCHAFT UND BINNENSCHIFFFAHRT

*Benno Rothstein, Anja Scholten*

### STRATEGIC GROWTH STRATEGIES FOR TECHNOLOGY-BASED SMES – NEW BUSINESS DEVELOPMENT WITH SEMI-AUTONOMOUS ENTREPRENEUR-TEAMS

*Guido Baltes, Jérôme Gard*

### SCHATTEN-IT

*Christopher Rentrop, Stephan Zimmermann, Melanie Huber*

### DESIGN EINES AUTONOMEN DOPPELRUMPF-WASSERROBOTERS MIT ERWEITERTER MANÖVRIERFÄHIGKEIT

*Michael Blaich, Stefan Wirtensohn, Markus Oswald, Oliver Hamburger, Johannes Reuter*

### EIN VERTEILT-PARAMETRISCHER ANSATZ ZUR REGELUNG VON DUALSPULVENTILEN

*Johannes Reuter, Tristan Braun*

## HOCHSCHULE KONSTANZ

### PROJEKTE

### IMPRESSUM

#### Herausgeber:

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung  
Vizepräsident Forschung, Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt (v.i.S.d.LPrG.)  
www.htwg-konstanz.de ©Hochschule Konstanz

#### Redaktion:

Dipl.-Ing. FH Andreas Burger MBA, Referent für Forschung & Entwicklung

#### Fotos:

Archiv, privat, B. Troll + A. Selbach, A. Grützner + J. Flöter,  
Titelfoto: Gründungsmitglieder des Institut für Systemdynamik Konstanz – ISD,  
Prof. Dr. Jürgen Freudenberger und Prof. Dr. Johannes Reuter (von links)"

#### Anschrift:

HTWG FORUM, Hochschule Konstanz, Brauneggerstraße 55,  
D-78462 Konstanz, Tel. +49 (0)7531 206-325, Fax +49 (0)7531 206-436,  
burger@htwg-konstanz.de

#### Satz und Anzeigenverwaltung:

Hohentwiel Verlag & Internet GmbH,  
Dr.-Andler-Str. 28, D-78224 Singen, Tel. 0 77 31/9 12 31-0, Fax 0 77 31/9 12 31-30  
www.hohentwielverlag.de, info@hohentwielverlag.de

#### Druck und Weiterverarbeitung:

Kessler Druck + Medien, D-86399 Bobingen  
gedruckte Auflage: 5.000 Exemplare, ISSN 1619-9812, Ausgabe 2013/2014;  
Internetausgabe: ISSN 1611-3748

# VORWORT

*Prof. Dr. Gunter Voigt, Vizepräsident Forschung*

Forschung ist seit Jahrzehnten wesentlicher Bestandteil der Arbeit an Hochschulen für angewandte Wissenschaften. Die HTWG Konstanz hat früh und erfolgreich die Weichen gestellt, um die Forschungsinteressen der Professorinnen und Professoren zu unterstützen.

Forschung an Hochschulen für angewandte Wissenschaften kann ausschließlich durch Mittelzuwendungen Dritter erfolgen. Auch der größte Teil der öffentlich geförderten Forschungsprojekte verlangen eine signifikante Beteiligung so genannter privater Dritter. Einerseits belegt diese Beteiligung das Interesse der Unternehmen an den Forschungsmöglichkeiten unserer Hochschule. Andererseits ist Forschungserfolg auch an die Beteiligung von Unternehmen gebunden.

Die vorliegende Ausgabe des Forschungsmagazins FORUM gibt einen Überblick über die fachlich breit aufgestellten Forschungstätigkeiten an unserer Hochschule. Auch diese Publikation wird aus Zuwendungen unserer Inserenten finanziert sowie aus den Forschungsergebnissen der gesamten Hochschule gespeist. Allen Beteiligten gilt der Dank der Hochschule.

Im Bereich der öffentlichen Forschungsprojekte haben sich einige Änderungen ergeben, die die Hochschulen betroffen haben. Einerseits hat dankenswerterweise die Landesregierung die Forschungsfördermittel für die anwendungsorientierte Forschung erhöht und geplant zu verstetigen. Neue Formate der Projektförderung wurden dabei erarbeitet und bedurften der konzeptionellen Anpassung an den Hochschulen. Diese Arbeit wurde gern geleistet.

Andererseits wurde im Bereich der Bundesförderung neue Wege der Ausschreibung und der Begutachtung von Forschungsprogrammen beschritten, die im letzten Verfahren zu einer großen Anzahl qualitativ hochwertiger Projektanträge und leider einer bedauernswert niedrigen Förderquote führten. Auch die HTWG war hier betroffen. Es bleibt zu hoffen, dass die Forscherinnen und Forscher weiter bereit sind, sich um Mittel aus diesem Programm zu bewerben. Und es bleibt ebenso zu hoffen, dass die Bundesmittel für die angewandte Forschung und Entwicklung, wie im Wahlkampf verlautet, anwachsen werden, um die in der Zahl zunehmenden, qualitativ faszinierenden Forschungsinitiativen in angemessener Höhe zu befördern und einen Beitrag leisten zur Wohlstandssicherung.

Die Drittmittelumsätze der HTWG sind gestiegen, auch dank der direkt aus Mitteln privater Dritter geförderten Projekte. Insgesamt haben die Hochschulen für angewandte Wissenschaften die Forschungsbeauftragung in großer Breite, mit Erfolg und mit weitgehender Begeisterung angenommen. Strukturelle Anpassungen müssen jedoch hinreichend gesichert werden, nicht ausschließlich aus befristeten Projektmitteln.



# WIR SUCHEN HOCHSCHULABSOLVENTEN/ -ABSOLVENTINNEN



Astrium ist das führende europäische Unternehmen für Weltraumsysteme und -technik und die Nummer zwei weltweit. Als einziges Unternehmen auf der Welt deckt Astrium die gesamte Palette von zivilen und militärischen Raumfahrtssystemen, Ausrüstungen und Dienstleistungen ab. Im Jahr 2012 erreichte Astrium einen Umsatz von mehr als 5,8 Mrd. € und beschäftigte weltweit 18.000 Mitarbeiter. Das Kerngeschäft gliedert sich in drei Bereiche: Astrium Space Transportation, der europäische Hauptauftragnehmer für Trägerraketen, orbitale Systeme und Weltraumexploration; Astrium Satellites, ein führender Anbieter von satellitenbasierten Systemlösungen einschließlich Satelliten, Bodensegmenten, Nutzlasten und Ausrüstungen; Astrium Services, der Partner für Weltraumdienstleistungen, liefert umfassende stationäre und mobile Lösungen für sichere und kommerzielle Satellitenkommunikation und Netzwerke sowie maßgeschneiderte Produkte und Services im Bereich Geo-Informationsdienste weltweit.

Astrium ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft von EADS, einem weltweit führenden Unternehmen der Luft- und Raumfahrt, im Verteidigungsgeschäft und den dazugehörigen Dienstleistungen mit einem Umsatz von 56,5 Mrd. € im Jahr 2012 und mehr als 140.000 Mitarbeitern. Zu EADS gehören die Divisionen Airbus, Astrium, Cassidian und Eurocopter.

Wir suchen kreative Mitarbeiter, die bereit sind, anspruchsvolle Aufgaben zu übernehmen und die im Team über ihre Fachaufgaben hinausblicken. Sie sollen das im Studium erlangte Wissen bei der Entwicklung von Raumfahrzeugen anwenden und erweitern.

## Relevante Studiengänge:

- Elektrotechnik & Informationstechnik
- Informatik
- Maschinenbau
- Wirtschaftswissenschaft
- Physik

## Mögliche Studienschwerpunkte:

- Nachrichten- & Kommunikationstechnik
- Elektrische Energietechnik
- Automatisierungs- & Informationstechnik
- Wirtschaftsingenieurwesen
- Systems Engineering
- Mechatronik

Freude an der Arbeit in einem international orientierten Umfeld, Lernbereitschaft und gute englische und evtl. französische Sprachkenntnisse sind für uns ebenso selbstverständlich wie Eigenmotivation, Kundenorientierung und Ehrgeiz.

Suchen Sie eine Aufgabe mit Freiräumen und Gestaltungsmöglichkeiten? Dann liegt es an Ihnen, sich mit uns in Verbindung zu setzen. Informationen zu Einstiegsmöglichkeiten finden Sie unter: <http://www.astrium.eads.net>

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung! Bitte bewerben Sie sich über unser E-Recruiting-Tool.



Astrium GmbH  
Personalabteilung  
88039 Friedrichshafen

[www.astrium.eads.net](http://www.astrium.eads.net)

Together pioneering excellence



AN EADS COMPANY



**Christian Baranowski**

ist bei der Seitenbau GmbH verantwortlich für die Software-Qualitätssicherung. Er ist Lehrbeauftragter an der HTWG und Mitglied im Leitungsteam des Seerhein-Labs.



**Stefan Eichenhofer**

ist einer der Gründer und Geschäftsführer der Seitenbau GmbH. Als Initiator des Seerhein-Labs unterstützt er das Lab aus der Geschäftsleitung von Seitenbau heraus.



**Dr. Thomas Fox**

ist bei der Seitenbau GmbH als Softwareentwickler, technischer Projektleiter und Softwarearchitekt tätig. Er ist Mitglied im Leitungsteam des Seerhein-Labs.



**Prof. Dr. Oliver Haase**

ist Professor für Verteilte Systeme und Software Engineering an der Fakultät Informatik der HTWG Konstanz. Er ist Mitglied im Leitungsteam des Seerhein-Labs.



**Nikolaus Moll**

ist Mitarbeiter im Seerhein-Lab und fertigte in diesem Kontext auch seine Master Thesis im Master-Studiengang Informatik der HTWG an.



**Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

ist Professor für Datenbanksysteme und E-Business Technologien an der Fakultät Informatik der HTWG Konstanz. Er ist Mitglied im Leitungsteam des Seerhein-Labs.

## TECHNOLOGIETRANSFER: ANGEWANDTE FORSCHUNG IN INDUSTRIELLER KOOPERATION – DAS SEERHEIN-LAB

*Christian Baranowski, Stefan Eichenhofer, Thomas Fox,  
Oliver Haase, Nikolaus Moll, Jürgen Wäsch*

### 1 DAS SEERHEIN-LAB

Dafür, dass an der HTWG Konstanz angewandte Forschung in enger Kooperation mit der regionalen IT-Industrie gelebt wird, ist das Seerhein-Lab ein sehr gutes Beispiel. Das Labor wurde zum Sommersemester 2013 von der HTWG und der Konstanzer Seitenbau GmbH gegründet und wird seither gemeinsam von zwei Informatikprofessoren der HTWG, Prof. Dr. Oliver Haase und Prof. Dr. Jürgen Wäsch, sowie zwei Mitarbeitern der Firma Seitenbau, Christian Baranowski und Dr. Thomas Fox, geleitet.

Der Kooperationspartner Seitenbau ist ein mittelständisches IT-Unternehmen und bietet schwerpunktmäßig kunden-spezifische IT-Lösungen für E-Business und E-Government an. Das Unternehmen wurde 1996 gegründet und ist in die drei Geschäftsbereiche Content Management & Frontend Engineering, Softwareentwicklung sowie Intranet & Portale organisiert. Seitenbau beschäftigt derzeit ca. 100 Mitarbeiter. Einige davon haben an der HTWG einen Informatik-Studiengang absolviert, so zum Beispiel auch Christian Baranowski, einer der oben erwähnten Leiter des Seerhein-Lab.

#### 1.1 Vision und Ziele

Die Idee, ein kooperatives Labor zu gründen, wurde von Stefan Eichenhofer, Geschäftsführer bei Seitenbau im Geschäftsbereich Softwareentwicklung und Professor Haase gemeinsam entwickelt. Dahinter stand das Ziel, eine langjährige fruchtbare Zusammenarbeit – etwa im Rahmen gemeinsamer Förderprojekte, bei der Durchführung externer Abschlussarbeiten und durch das Engagement mehrerer Seitenbau-Mitarbeiter in der Lehre der Informatik-Studiengänge an der HTWG – auf die Ebene einer kontinuierlichen Zusammenarbeit zu stellen.

Für die HTWG steht dabei der direkte Praxiskontakt für die durchgeführten Pro-

jekte im Vordergrund, ebenso wie die Möglichkeit, für Studierende ein spannendes Umfeld an der Grenze zwischen Hochschule und Praxis zu bieten. Die gemeinsame Laborleitung und Projektauswahl ermöglicht Forschung um der Forschung willen – anstelle von reiner Auftragsforschung.

Für die Firma Seitenbau ist das Labor ein Rahmen, innerhalb dessen ihre Mitarbeiter sich mit innovativen Themen abseits des Tagesgeschäfts beschäftigen und damit technologisch weiterbilden können. Die dadurch geförderte Technologiekompetenz der Mitarbeiter trägt mittel- und langfristig zur Konkurrenzfähigkeit in einer Branche bei, in der der Innovationsdruck besonders stark ausgeprägt ist.

#### 1.2 Organisation

Die Arbeiten im Seerhein-Lab folgen dem Semesterrhythmus der HTWG. Jedes Semester findet ein Aufruf zur Einreichung von Projektvorschlägen/ideen statt, und zwar sowohl in der Fakultät Informatik der HTWG als auch bei Seitenbau. Das Leitungsteam des Labs wählt dann aus den eingereichten Vorschlägen die Projekte aus, an denen ein gemeinsames Interesse besteht, sowie für jedes Projekt mindestens einen Mentor aus der Lab-Leitung. Die Projekte haben in der Regel eine Laufzeit von einem Semester und werden von einem gemischten Team aus Mitarbeitern von Seitenbau und HTWG-Angehörigen bearbeitet. Die Studierenden der HTWG haben damit die Möglichkeit, eigene Forschungsideen in das Seerhein-Lab einzubringen und diese in Kooperation mit Wirtschaft durchzuführen.

Pro Semester wird nur eine begrenzte Anzahl von derzeit vier Projekten durchgeführt, um eine optimale Betreuung durch die Mentoren und den Austausch zwischen den Projektteams zu ermöglichen. Einmal in der Woche treffen sich alle Projektteams zu einer sogenannten Lab-Runde, um sich über ihre Arbeitsfortschritte zu informieren, um Feedback zu geben und

um sich gegenseitig bei der Lösung offener Probleme zu unterstützen. Die Seitenbau GmbH stellt hierfür die Räumlichkeiten zur Verfügung – Laborarbeitsplätze direkt am Seerhein, der damit ein verbindendes und namensgebendes Element zwischen der Hochschule und dem IT-Unternehmen am Seerhein ist.

### 1.3 Projekte und Ergebnisverwertung

Bei den Projekten handelt es sich teilweise um prototypische Technologie- und Machbarkeitsstudien, teilweise um die Entwicklung neuer Werkzeuge beispielsweise zur Verbesserung des Software-Entwicklungsprozesses. Die dabei entstandene Software wird größtenteils als Open Source der Entwicklergemeinschaft zur Benutzung und eigenen Weiterentwicklung zur Verfügung gestellt. Open-Source-Software, also freie Software mit öffentlich zugänglichem Quellcode, wird in der Software-Entwicklung zunehmend genutzt. Das liegt weniger an den Lizenzkosten, sondern in erster Linie daran, dass Open-Source-Software im Allgemeinen offene Standards an Stelle proprietärer Schnittstellen implementiert. Dadurch wird die Abhängigkeit von Drittanbietern verringert. Die Initiatoren möchten mit dem Seerhein-Lab einen Beitrag zum Open-Source-Modell leisten; ganz nebenbei trägt dies zur Visibilität des Labors in der Fachgemeinschaft bei.

Dadurch, dass die Projekte in gemischten Teams durchgeführt werden, kommt der Knowhow-Gewinn automatisch sowohl der HTWG als auch der Firma Seitenbau zugute. Darüber hinaus berichten die Projektteams nach Abschluss ihrer Projekte in Vorträgen und Präsentationen über ihre Ergebnisse. Wissenschaftlich besonders relevante Ergebnisse werden auf Fachtagungen oder in Fachjournalen publiziert.

Seit Gründung des Seerhein-Labs wurden Projekte zu folgenden Themen durchgeführt:

- Werkzeug zum Test auf ordentliche Objekterzeugung

- Rapid Prototyping von CRUD-Anwendungen
- Code-Generierung aus UML-Diagrammen
- IDE-Werkzeug für automatisches Code Merging
- Modellierung und Generierung von Testdaten für Datenbank-basierte Anwendungen
- Feldstudie zur ordentlichen Objekterzeugung
- Werkzeug zum Test auf Unveränderbarkeit von Objekten
- Mobile App zur Indoor-Navigation
- Abhängigkeitsanalyse und Architekturverifikation

Exemplarisch stellen wir im Folgenden zwei der im Seerhein-Lab durchgeführten Projekte in einem kurzen Überblick näher dar.

## 2 WERKZEUG ZUM TEST AUF UNVERÄNDERLICHKEIT VON OBJEKTEN

Moderne Desktop-Computer, aber auch Laptop, Tablets und sogar Smartphones verfügen nicht mehr über nur einen Prozessor, sondern über mehrere Prozessoren bzw. Kerne. Diese Mehrkernsysteme sind in der Lage, mehrere Programme gleichzeitig oder auch ein Programm parallelisiert, d.h. in mehreren sogenannten nebenläufigen Threads, auszuführen.

Die nebenläufige Ausführung eines Programms setzt jedoch voraus, dass das Programm entsprechend geschrieben wurde, d.h. dass Nebenläufigkeit bereits im Programmcode berücksichtigt ist. Dazu muss der Programmierer zwei Dinge tun: Er muss (1) diejenigen Programmteile identifizieren, die nebenläufig, also parallel ausgeführt werden können, und er muss (2) die Interaktion dieser nebenläufigen Programmteile untereinander programmieren, damit sie ihre Zwischenergebnisse untereinander auszutauschen können. Diese Interaktion findet üblicherweise in Form von wechselseitigem Schreiben auf

und Lesen von gemeinsamen Speicherbereichen statt; in der heute üblichen objektorientierten Programmierung sind dies gemeinsam genutzte Objekte. Der konkurrierende Zugriff auf gemeinsame Objekte ist jedoch ein schwieriger und fehleranfälliger Aspekt der parallelen Programmierung. Wenn die Schreib- und Leseoperationen nicht korrekt synchronisiert werden, kann es zu sogenannten Änderungsanomalien kommen, die zu inkonsistenten, d.h. korrupten Daten führen können. Unter Synchronisation versteht man in diesem Zusammenhang, dass konkurrierende Zugriffe auf gemeinsame Daten nacheinander ausgeführt werden müssen, damit sie sich nicht ungewünscht gegenseitig überschreiben. Fehlende oder fehlerhafte Synchronisierung gehört zur häufigsten Fehlerquelle in der modernen Programmierung; darüber hinaus sind diese Fehler deshalb besonders schwerwiegend, weil sie meistens nur sporadisch auftreten, deshalb schwer reproduzierbar und kaum testbar sind.

Wegen dieser Problematik kommt bei der parallelen Programmierung den unveränderbaren Objekten (engl. immutable objects) eine besondere Rolle zu; dabei handelt es sich um Objekte, die einmal erzeugt ihren Zustand, d.h. ihre Daten, nicht mehr ändern können. Solche Objekte können beliebig zwischen nebenläufigen Programmteilen ausgetauscht werden, ohne dass es zu Änderungsanomalien kommen kann. Wenn ein Programmteil den Zustand eines solchen Objektes ändern möchte, muss es stattdessen ein neues Objekt mit geändertem Zustand erzeugen und weitergeben.

In Java, der seit Jahren populärsten objektorientierten Programmiersprache, ist es erstaunlich schwierig, unveränderbare Objekte bzw. Klassen korrekt zu programmieren. Klassen sind sozusagen die Blaupausen von Objekten; sie geben an, welche Daten und welches Verhalten die Objekte der entsprechenden Klassen aufweisen. Die Regeln, die zum Entwurf un-

veränderbarer Klassen beachtet werden müssen, sind unter Programmierern nicht allgemein bekannt; weiterhin bietet die Sprache Java selbst keine und die häufig verwendeten Entwicklungsumgebungen nur sehr unzureichende Mechanismen, die den Programmierer bei dieser Aufgabe unterstützen würden.

Diese Lücke zu schließen ist das Ziel des Java Immutability Checker-Projekts (JIC). In diesem Projekt haben wir ein Software-Werkzeug entwickelt, das Java-Klassen darauf überprüft, ob sie alle Regeln erfüllen, die von unveränderbaren Klassen gefordert sind.

Falls dies nicht der Fall ist, wird die entsprechende Klasse als fehlerhaft markiert, und zwar genau an der Stelle, an der der Fehler auftritt. Abbildung 1 zeigt beispielhaft eine entsprechend markierte Klasse. Der kleine Käfer (Bug) auf der linken Seite des Editors zeigt die Anwesenheit und das Auftreten eines Verstoßes gegen eine der Unveränderbarkeitsregeln, der Text "Improper construction: 'this' is passed into a virtual method and escapes" beschreibt den Regelverstoß näher.

Aber nicht alle Klassen sind für den konkurrierenden Zugriff durch mehrere Threads gedacht; es ist deshalb nicht sinnvoll, alle Klassen auf die Einhaltung der Unveränderbarkeitsregeln zu überprüfen. Stattdessen kennzeichnet der Programmierer die Klassen, die unveränderbar sein sollen ausdrücklich, so dass nur diese automatisch überprüft werden. In Abbildung 1 sieht man diese Kennzeichnung in der dritten Zeile in Form der @Immutable-Annotation.

Die Überprüfung der Unveränderbarkeitsregeln findet nicht auf Ebene des in Abbildung 1 zu sehenden Java-Quellcodes, sondern auf Ebene des zugehörigen Java-Bytecodes statt. Jede Java-Klasse wird vor ihrer Ausführung vom Java-Compiler in ein maschinennäheres Format, nämlich Java-Bytecode übersetzt. Dieser Bytecode ist für den Menschen wesentlich schwerer zu lesen, dafür ist aber der Sprachumfang geringer, was die automatische Analyse vereinfacht. Außerdem hat dieses Vorgehen den weiteren Vorteil, dass das JIC-Werkzeug auch für andere Programmiersprachen nutzbar ist, die ebenfalls auf Java-Bytecode basieren, wie z.B. Groovy, Scala und Clojure.

Das JIC-Werkzeug liegt als Plugin für das weitverbreitete Findbugs-Analysewerkzeug vor. Findbugs enthält eine ganze Sammlung von Tests, die Java-Code auf Korrektheit, Lesbarkeit, und Einhaltung von Programmierkonventionen überprüfen. Findbugs enthält im Übrigen auch einzelne Tests im Zusammenhang mit Unveränderbarkeit, aber kein durchgängiges, systematisches Überprüfen aller geforderten Eigenschaften. Findbugs wiederum kann einfach in die bekannten Java-Entwicklungsumgebungen Eclipse (siehe Abbildung 1), IntelliJ und Netbeans integriert werden und steht damit praktisch der gesamten Java-Entwicklergemeinschaft kostenfrei zur Verfügung. Das JIC-Plugin steht unter der Open Source Apache Licence 2.0 und kann unter <http://github.com/see-rhein-lab/jic/> heruntergeladen werden.

### 3 MODELLIERUNG UND GENERIERUNG VON TESTDATEN FÜR DATENBANK-BASIERTE ANWENDUNGEN

Zum Testen von Software-Anwendungen, die Daten persistent in einem Datenbanksystem verwalten, werden Testdaten für die Datenbank benötigt. Für Anwendungen mit einem komplexen Datenbankschema ist die Spezifikation dieser Testdaten meist nicht trivial, da neben den Entitäten auch deren Beziehungen betrachtet werden müssen. Diese Beziehungen unterliegen in der Regel einer Menge komplexer fachlicher Regeln, die sich aus dem Domänen-Modell der Anwendung ergeben.

In diesem Projekt wird untersucht, wie die zum Test von Datenbank-basierten Anwendungen notwendigen Testdaten auf einfache Weise beschrieben und automatisch erzeugt werden können.

#### 3.1 Testen von Datenbank-basierte Anwendungen

Eine zu prüfende Anwendung wird im Kontext von Software-Tests als System unter Test (SUT) bezeichnet. Alle Voraus-

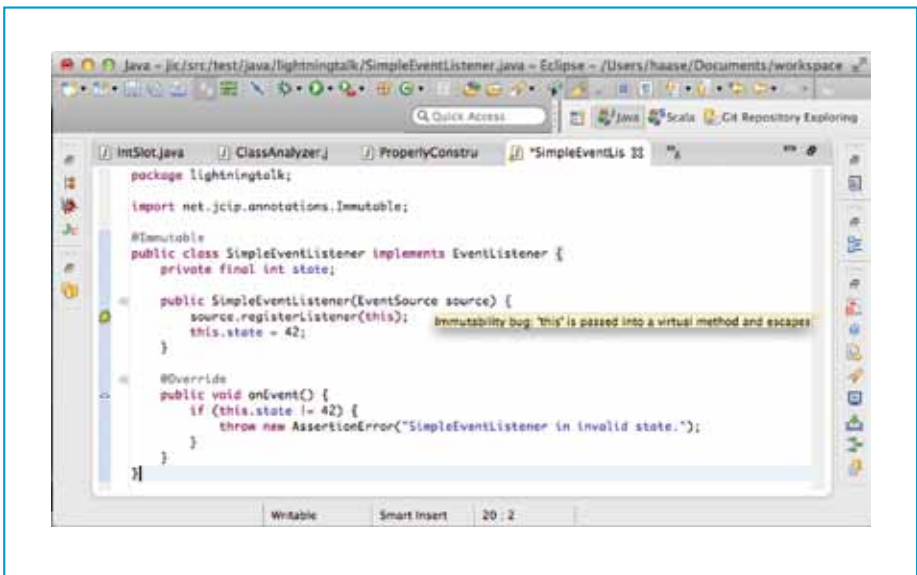


ABB. 1: Screenshot einer Java-Klasse, die mit Hilfe des Java Concurrency Analyzers als fehlerhaft im Sinne der Unveränderbarkeit erkannt wurde.



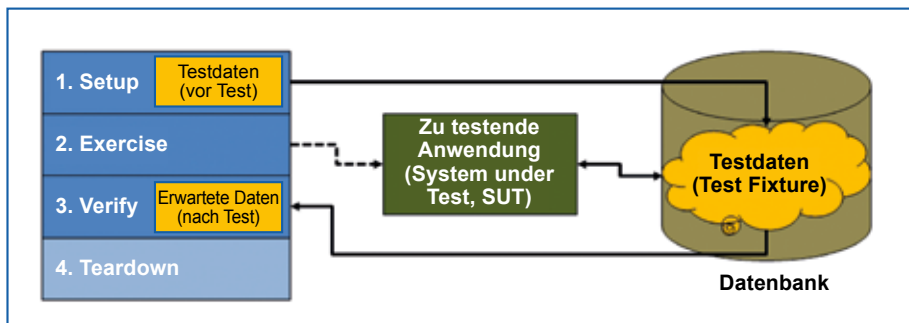


ABB. 2: Testen von Datenbank-basierten Anwendungen mittels „Back Door Manipulation“ (in Anlehnung an [1]).

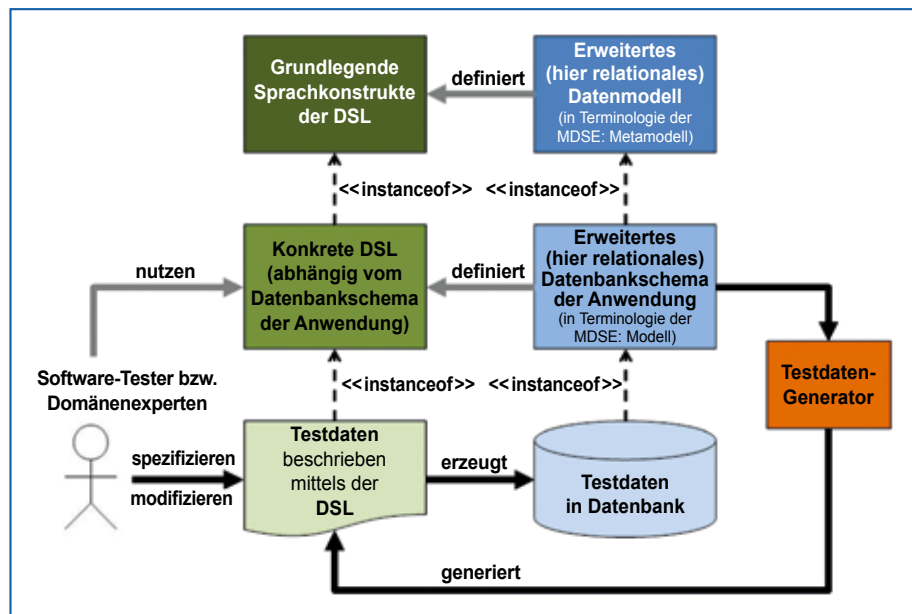


ABB. 3: Überblick über den im Projekt verfolgten Ansatz zur Modellierung und Generierung von Testdaten für Datenbank-zentrierte Anwendungen.

setzungen für einen Test werden dabei als sog. Test Fixture bezeichnet. Idealerweise soll die in einem Test Fixture beinhaltete Datenmenge für einen funktionalen Test eine hohe Testabdeckung bieten, dabei aber so klein und übersichtlich wie möglich sein. Somit sind die Testdaten einfacher zu verstehen und für eine große Anzahl von funktionalen Tests zu verwenden.

Ein üblicher Ansatz, ein SUT in Verbindung mit einer Datenbank zu testen, ist das Testmuster Back Door Manipulation [1] (siehe Abb. 2). Idee hierbei ist, dass das Einspielen des Test Fixture in die Datenbank

direkt durch den Test am SUT vorbei, d.h. sozusagen durch eine Hintertür, geschieht. Im ersten Schritt, dem Setup, wird die Datenbank über direkten Zugriff an dem SUT vorbei in den Anfangszustand des Test Fixture gebracht. Anschließend können im Exercise-Schritt die zu testenden Operationen am SUT durchgeführt werden. Die Überprüfung, ob sich das SUT richtig verhalten hat, findet im Verify-Schritt statt. Dabei kann der Zustand der Datenbank mit dem erwarteten Zustand des SUT verglichen, ebenfalls über die Test-eigene Datenbankverbindung. Abschließend können im vierten optionalen Schritt, Teardown,

noch Aufräumarbeiten in der Datenbank implementiert sein.

Basis für die nachfolgend beschriebenen Projektarbeiten ist die Java-Bibliothek Simple Test Utils for JUnit & Co. (STU) zur Vereinfachung von Unit-Tests für Java-Anwendungen. STU steht unter der Apache License 2.0 und wird von der Firma Seitenbau entwickelt. Für Tests von Datenbank-basierten Anwendungen setzt STU auf der Bibliothek DbUnit [2] auf. DbUnit ist ein Framework zum Testen von Datenbank-basierten Java-Anwendungen.

Ziel des Projekts ist es u.a., funktionale Tests durch die Spezifikation eines Java-API und einer speziellen Testdatenbeschreibungssprache so zu vereinfachen, dass eine Datenbank einfach zu Beginn des Tests – über den Test selbst – in den wohldefinierten Anfangszustand des Test Fixture versetzt werden kann. Des Weiteren soll der erwartete Datenbank-Zustand am Testende einfach auf Basis des Test Fixture beschrieben werden können. Nach Ausführung des Tests soll automatisch der über das SUT erzeugte Datenbank-Zustand mit dem erwarteten Datenbank-Zustand verglichen und somit die Korrektheit der Anwendung geprüft werden können.

### 3.2 Modellierung von Testdaten

Die Spezifikation der Testdaten soll mit Hilfe einer Domänenspezifische Sprache (DSL) und des Java-API erfolgen. Eine DSL ist eine formale Sprache, die speziell für ein bestimmtes Problemfeld, die sogenannte Domäne, entworfen und implementiert wird. Der Entwurf einer DSL soll einen hohen Grad an Problemspezifität erreichen, d.h. die Sprache soll alle Probleme der Domäne darstellen können und nichts darüber hinaus. Dadurch ist die Sprache durch Domänenspezialisten, in unserem Fall z.B. die Software-Tester, ohne besonderes Zusatzwissen leicht nutzbar.

Im Projektkontext bedeutet domänenspezifisch, dass die DSL die grundlegenden



```

class HochschuleDataSet extends HochschuleBuilder
{
    def tables () {
        professorTable.rows {
            REF      | name      | vorname  | titel      | fakultaet
            WAESCH   | "Wäsch"  | "Jürgen" | "Prof. Dr.-Ing." | "Informatik"
            HAASE     | "Haase"  | "Oliver" | "Prof. Dr."  | "Informatik"
        }
        lehrveranstaltungenTable.rows {
            REF | name                      | sws | ects_cp
            VSYS | "Verteilte Systeme"      | 4   | 5
            DPAT | "Design Patterns"       | 2   | 3
            DBIS | "Datenbank- und Informationssysteme" | 6   | 7
        }
        ...
    }
    // Spezifikation der Beziehungen zwischen Entitäten
    def relations () {
        HAASE.lehrt(VSYS,DPAT)
        WAESCH.lehrt(DBIS)
        ...
    }
}

```

LISTING 1: Beispielspezifikation von Testdaten für eine Hochschulanwendung, beschrieben mittels der DSL.

Konzepte der Datenbank-Strukturierung (in unserem Fall das relationale Datenmodell) unterstützen muss, aber auch vom fachlichen Datenbankschema abhängig ist, das dem SUT zugrundeliegt.<sup>2</sup> D.h. für jede zu testende Anwendung wird aus einer erweiterten Spezifikation des zugrundeliegenden Datenbankschemas eine spezielle DSL erzeugt, in der die Testdaten dann durch die Software-Tester bzw. die Domänenexperten beschrieben werden können (siehe Abb. 3).

Im Projekt wurden verschiedene Ansätze zur Entwicklung einer DSL für Testdaten untersucht. Der Fokus lag u.a. auf der Fachlichkeit der Datenstruktur, der typischen Beschreibung der Testdaten und der einfachen Spezifikation von Beziehungen zwischen Entitäten. Untersucht wurden verschiedene XML-basierte Darstellungen, wie z.B. in DbUnit benutzt, programmatische Spezifikationen und verschiedene ta-

bellarischen Beschreibungsformen für die Testdaten.

Nach einer Evaluation wurde eine tabellarische Beschreibungsform gewählt, die über das STU Test-Framework genutzt werden kann. Diese Art der Testdatenmodellierung ist übersichtlich, syntaktisch einfach und kann von einer IDE wie Eclipse unterstützt werden. Die grundlegende Idee für die tabellarische Darstellung stammt vom Testframework Spock [3].

Listing 1 zeigt beispielhaft einen Auszug aus einer DSL-Beschreibung für Testdaten einer Anwendung zur Verwaltung einer Hochschule.

In der tabellarischen Darstellung (tables) enthält die erste Zeile die Spaltennamen der Tabelle, die anderen Zeilen enthalten die einzufügenden Daten. Die erste Spalte einer Datenzeile enthält je-

weils einen symbolischen Namen (REF) für den Tabelleneintrag, der zur Referenzierung und somit Spezifikation von Beziehungen (relations) zwischen Datensätzen genutzt werden kann.

Die Implementierung der Testdaten-DSL basiert dabei auf Groovy [4], einer dynamisch typisierten Programmiersprache für die Java Virtual Machine. Die DSL kann eingebettet zusammen mit Java in den Tests, z.B. mit JUnit, genutzt werden.

### 3.3 Generieren von Testdaten für funktionale Tests

Um das Testen von Datenbank-basierten Anwendungen zu erleichtern, soll es möglich sein, automatisch Testdaten für funktionale Tests aus dem Datenbankschema generieren zu lassen. Die generierten Testdaten können direkt bzw. als Basis für die Erstellung von Testdatensätzen genutzt werden (vgl. Abb. 3).

Bei der Testdatengenerierung sind u.a. folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- Die Testdaten müssen dem Datenbankschema der Anwendung entsprechen, um diese Daten überhaupt in die Datenbank einspielen zu können.
- Die Testdaten sollen einerseits genügend Daten enthalten, um die fachliche Struktur der Anwendungsdaten zu erhalten; andererseits sollen möglichst wenige Daten erzeugt werden, damit die eingespielten Daten übersichtlich und für die Software-Tester verständlich bleiben.
- Für die Durchführung und Wartung von Tests ist es von Vorteil, wenn möglichst viele Tests dieselben Testdaten verwenden können, d.h. wenn die generierten Testdaten eine möglichst große Testabdeckung erzielen. Somit sind insgesamt weniger Testdatensätze zu verwalten, was z.B. bei Änderung des zugrundeliegenden Datenbankschemas von Vorteil ist und die Übersichtlichkeit erhöht.
- Die Beschreibung des Datenbankschemas, aus dem die Testdaten generiert werden, muss so ausdrucksmächtig sein, dass auch Sachverhalte beschrieben werden können, die über die strukturelle Abbildung, z.B. auf Datenbank-Tabellen, hinausgehen, damit die Testdaten auch den weitergehenden Anforderungen des Systems unter Test genügen und realistische Szenarien abbilden. Beispielsweise kann eine Anwendung eine  $1 \leftrightarrow 1..*$  Beziehung definieren; in einem relationalen Datenbanksystem ist jedoch nur eine  $1 \rightarrow 0..*$  Beziehung durch Fremdschlüssel- und Not-Null-Constraints strukturell abbildbar.
- Die generierten Daten sollen in der entwickelten DSL beschrieben wer-

den, damit diese direkt im STU Test-Framework nutzbar sind.

Interessanterweise stellte sich bei einer umfassenden Literaturanalyse und Analyse existierender Testdatengeneratoren heraus, dass bisher keine passende Lösung für die beschriebene Problemstellung existiert. In der Wissenschaft beschriebene Ansätze und Algorithmen generieren meist für eine zu testende SQL-Abfrage einen passenden Testdatenbestand. Einer SQL-Abfrage liegt dabei eine formale Spezifikation zu Grunde, die allerdings für ein Anwendungsprogramm normalerweise nicht vorhanden ist. Existierende Software-Werkzeuge fokussieren sich auf die Generierung von Massendaten, die v.a. für Performanz-Tests und nicht für funktionale Tests geeignet sind. Dies zeigt sich auch daran, dass diese Werkzeuge Beziehungen zwischen Entitäten nur zufällig erzeugen und im Allgemeinen wesentlich mehr Daten generieren als für einen Menschen noch einfach verständlich sind. Weiterhin deuten Untersuchungen im Projekt darauf hin, dass die Komplexität der Testdatengenerierung im allgemeinen Fall nicht-polynomial ist.

Aus diesem Grund wurde ein neuer, effizienter Algorithmus zur Testdatengenerierung für die Projektproblemstellung entworfen. Anleihen konnten dabei aus [5] gezogen werden. Der entwickelte Algorithmus berücksichtigt lokal alle Kombinationen der unteren und oberen Grenzwerte von binären Beziehungstypen  $n..N \leftrightarrow m..M$  und versucht gleichzeitig die Anzahl der generierten Entitäten und Beziehungen zu minimieren. Globale, d.h. „transitive“ Abhängigkeiten über mehrere Beziehungstypen hinweg, die zu einer kombinatorischen Explosion führen können, bleiben dabei (augenblicklich) unberücksichtigt. Weitere Details zu dem im Projekt entwickelten Verfahren zur Testdatengenerierung (u.a. Beschreibung des Algorithmus in Pseudo-Code) sind [6] zu entnehmen.

Der entwickelte Testdatengenerator wurde auf ein Datenbankschema eines produktiven Anwendungssystems mit 12 Datenbanktabellen und einigen fachlichen Einschränkungen angewendet. Durch unser Verfahren zur Testdatengenerierung wurde ein konsistenter, übersichtlicher Satz an Testdaten erzeugt, der eine gute Startbasis für Anwendungstest bietet.

Der Code des DSL-Interpreters und des Testdatengenerators ist verfügbar unter <https://github.com/Seitenbau/stu/>.

---

## LITERATUR

- [1] G. Meszaros: „XUnit Patterns: Refactoring Test Code“. Addison Wesley, 2007
- [2] DbUnit. <http://dbunit.sourceforge.net/>
- [3] Spock. <http://docs.spockframework.org/en/latest/>
- [4] Groovy. <http://groovy.codehaus.org/>
- [5] K. Houkjaer, K. Torp, R. Wind: „Simple and Realistic Data Generation“. In: Proc. of 32nd Intl. Conference on Very Large Databases (VLDB), 2006.
- [6] N. Moll: „Modellierung und Generierung von Testdaten für Datenbank-basierte Anwendungen“. Master Thesis, HTWG Konstanz, Oktober 2013.

---

## FUSSNOTEN

- 1: Nach dem TIOBE Programming Community Index, Juli 2013 stehen seit 2010 die prozedurale Programmiersprache C und die objektorientierte Programmiersprache Java abwechselnd an der Spitze der populärsten Programmiersprachen.
- 2: In der Terminologie der Modellgetriebenen Softwareentwicklung (MDSE) wird abweichend der Begriff Metamodell anstatt Datenmodell benutzt und der Begriff Modell anstatt (Datenbank-)Schema.

# STUDIENANGEBOT

---

## BACHELOR-STUDIENGÄNGE

- Angewandte Informatik
- Architektur
- Automobilinformationstechnik
- Bauingenieurwesen
- Betriebswirtschaftslehre
- Elektrotechnik und Informationstechnik
- Gesundheitsinformatik
- Kommunikationsdesign
- Maschinenbau Konstruktion und Entwicklung
- Maschinenbau Entwicklung und Produktion
- Umwelttechnik und Ressourcenmanagement
- Verfahrenstechnik und Umwelttechnik
- Wirtschaftsinformatik
- Wirtschaftsingenieurwesen Bau
- Wirtschaftsingenieurwesen Elektro- und Informationstechnik
- Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau
- Wirtschaftsrecht
- Wirtschaftssprachen Asien und Management China | Südost- und Südasien
- Wirtschaftssprache Deutsch und Tourismusmanagement

## MASTER-STUDIENGÄNGE

- Architektur
- Automotive Systems Engineering
- Bauingenieurwesen
- Business Information Technology
- Compliance and Corporate Governance (MBA, berufsbegleitend)
- Elektrische Systeme
- General Management (MBA, berufsbegleitend)
- Human Capital Management (MBA, berufsbegleitend)
- Informatik
- Internationales Management Asien
- Kommunikationsdesign
- Mechanical Engineering and International Sales Management
- Mechatronik
- Packaging Technology
- Systems Engineering
- Umwelt- und Verfahrenstechnik
- Unternehmensführung
- Wirtschaftsingenieurwesen

## PROMOTION

- Kooperatives Promotionskolleg



WÄRTSILÄ® is a registered trademark.

# WELCOME TO OUR CREW!

Wärtsilä in Switzerland is the centre of excellence for low-speed 2-stroke marine diesel engines. These engines are utilized for the propulsion of all types of deep-sea ships world-wide, including the world's largest cargo ships. Our employees are working on all aspects of research and development, design, licensing, manufacturing support, marketing, sales and service support as well as global logistics. We give the highest priority to developing our people. Become a doer. Check out your opportunities at [wartsila.com/careers](https://www.wartsila.com/careers)

ENERGY  
ENVIRONMENT  
ECONOMY

[WARTSILA.COM/CAREERS](https://www.wartsila.com/careers)





## EXPERTEN

### Expertenprofile der Professorinnen und Professoren

#### FAKULTÄT ARCHITEKTUR UND GESTALTUNG

##### PROF. ANDREAS BECHTOLD

**Lehrgebiete:** Timebased-Design (Bewegt看bild im Kommunikationsdesign): Filmtechnik, Drehbuch und Dramaturgie des Erzählens, Regie, Schnitt, Sounddesign und Filmgeschichte. **Forschungsgebiete:** Anthropologie des Erzählens. Entwicklung eines nachhaltigen Lehrkonzeptes zur Vermittlung aktiver Medienkompetenzen (journalistisches Arbeiten, Konzeption und Umsetzung von TV-Formaten etc.). **Spezielles Fachwissen:** Drehbuchautor und Kinderbuchautor

Tel.: +49 (0)7531 206857

E-Mail: bechtold@htwg-konstanz.de

##### PROF. DR. IMMO BOYKEN

**Lehrgebiete:** Architekturgeschichte, Architekturtheorie, Bauaufnahme und Entwerfen. **Forschungsgebiete:** Forschungen zur Entstehung der modernen Architektur. **Spezielles Fachwissen:** Architekturgeschichte des 20. Jahrhunderts

Tel.: +49 (0)7531 65849

E-Mail: boyken@htwg-konstanz.de

##### PROF. CENGIZ DICLELI

**Lehrgebiete:** Tragkonstruktionen. **Forschungsgebiete:** Geschichte des Ingenieurbaus. **Spezielles Fachwissen:** Tragwerksentwurf

Tel.: +49 (0)7531 206180

E-Mail: dicleli@htwg-konstanz.de

##### PROF. DR. VOLKER FRIEDRICH

**Lehrgebiete:** Professur für Schreiben und Rhetorik, professionelles Schreiben, wissenschaftliches Schreiben, Rhetorik. **Forschungsgebiete:** Schreibrhetorik, Bild-Text-Wechselwirkungen, schriftliche Organisationskommunikation, Medientheorie. **Spezielles Fachwissen:** Medienkonzeption, -produktentwicklung und -realisation

Tel.: +49 (0)7531 206659

E-Mail: fried@htwg-konstanz.de

##### PROF. OLIVER FRITZ

**Lehrgebiete:** Digitale Medien CAD/CAM und Architekturdarstellung. **Forschungsgebiete:** CAD/CAM, computerunterstützte Gestaltungs- und Simulationsprozesse, Building Information Modelling, Darstellungsmethodik, Mass Customization, Partizipationsmodelle. **Spezielles Fachwissen:** Parametrik, Simulation, Visualisierung, Datenvisualisierung, Gebäudegeometrie

Tel.: +49 (0)7531 206536

E-Mail: oliver.fritz@htwg-konstanz.de

##### PROF. MYRIAM GAUTSCHI

**Lehrgebiete:** Entwerfen, Innenraumgestaltung, Ausbautechnologie. **Forschungsgebiete:** Raum-Wahrnehmung, Material und

Raum, Licht und Raum, Charlotte Perriand

Tel.: +49 (0)7531 206586

E-Mail: gautschi@htwg-konstanz.de

##### PROF. JUDITH GRIESHABER

**Lehrgebiete:** Kommunikationsdesign und Mediadesign, analytisches Gestalten, experimentelles und konzeptionelles Gestalten, Ausstellungskonzeption und -design, Kommunikationsprogramme, Kultur und Kommunikation im öffentlichen Raum. **Forschungsgebiete:** Anmutungs- und Wirkungsprofile interkulturell, Unternehmenskultur und -kommunikation im internationalen Kontext. **Spezielles Fachwissen:** Durchführung von Seminaren zu Unternehmenskommunikation und -kultur, Corporate Identity, Massenkommunikation und Marketing

Tel.: +49 (0)7531 206851

E-Mail: grieshab@htwg-konstanz.de

##### PROF. KARIN KAISER

**Lehrgebiete:** Kommunikationsdesign. **Forschungsgebiete:** Knowledge Media Design, interdisziplinäre Arbeits- und Explorationsformen, visuelle Identitäten. **Spezielles Fachwissen:** Editorial Design, Corporate Design, interdisziplinäre Projekte (Knowledge Media Design, Environmental Design)

Tel.: +49 (0)7531 206854

E-Mail: karin.kaiser@htwg-konstanz.de

##### PROF. JOSEF LENZ

**Lehrgebiete:** Entwerfen (besonders Wohnungsbau, Museen), Baukonstruktion (besonders Niedrigenergiebauweise, Passivhaus-Standards). **Spezielles Fachwissen:** Passivhaus-Entwicklung, Solartechnik, Ausstellungsdesign, Museumskonzepte

Tel.: +49 (0)7531 206188

E-Mail: lenz@htwg-konstanz.de

##### PROF. DR. ROLF NEDDERMANN

**Lehrgebiete:** Baumanagement mit den Bereichen: Bauwirtschaft, Baubetrieb und -durchführung, Baukonstruktion. **Forschungsgebiete:** Baukostenplanung, kostengünstiger Wohnungsbau, Kostenplanung im Altbaubereich, Kosten- und Leistungsrechnung für Architekten und Ingenieure, Fachveröffentlichungen, Fortbildungen

Tel.: +49 (0)7531 206688

E-Mail: rolf.neddermann@htwg-konstanz.de

##### PROF. STEPHAN ROMERO

**Lehrgebiete:** Architektur: Entwurf, Darstellung, Gestaltung. **Spezielles Fachwissen:** Gebäudeplanung, Stadtplanung, Objektplanung nach HOAI; alle Leistungsphasen

Tel.: +49 (0)7531 206196

E-Mail: romero@htwg-konstanz.de

#### PROF. LEONHARD SCHENK

**Lehrgebiete:** Städtebau und Entwerfen. **Forschungsgebiete:** Nachhaltigkeit im Städtebau, besonders: Innenentwicklung, Brachflächenrecycling (Reduzierung der Flächeninanspruchnahme); Alternative Wohnformen, z.B. Baugemeinschaftsmodelle, Zukunft der Bürgerstadt. **Spezielles Fachwissen:** Stadtplanung, (Auszeichnung: Deutscher Städtebaupreis 2001), Wohnungsbau, Landschaftsplanung

Tel.: +49 (0)7531 206183

E-Mail: leonhard.schenk@htwg-konstanz.de

#### PROF. EBERHARD SCHLAG

**Lehrgebiete:** Architektur und Design, Kommunikation im Raum, Design und Raum **Forschungsgebiete:** Mediale Raumstrategien „Mediatektur“ **Spezielles Fachwissen:** Museums- und Ausstellungsgestaltung, Szenografie, Integrative Gestaltung von Architektur und Ausstellung, Einsatz von (interaktiven) Medien im Ausstellungsdesign, Entwicklung von Museums- und Ausstellungskonzepten, Inszenierung von Events und Messeauftritten

Tel.: +49 (0)7531 206185

E-Mail: eberhard.schlag@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. THOMAS STARK

**Lehrgebiete:** Energieeffizientes Bauen. **Forschungsgebiete:** Nachhaltige Energiekonzepte; Solares Bauen; Nachhaltige Architekturwettbewerbe. **Spezielles Fachwissen:** Gebäudeenergiekonzepte; Photovoltaik; Gebäudeintegration; Nachhaltigkeit im Bauwesen

Tel.: +49 (0)7531 206191

E-Mail: stark@htwg-konstanz.de

#### PROF. JO WICKERT

**Lehrgebiete:** Interfacedesign, Informationsdesign und Screen-design im Kommunikationsdesign. **Forschungsgebiete:** Alternative

Interfaces; Applikationsdesign; Aspekte der Qualifikation von Designern für On- und Offlinemedien. **Spezielles Fachwissen:** Markenauftritt für globale Unternehmen, Markenworkshops sowie CI/CD (hauptsächlich digital); New Devices; Unternehmenswebseiten

Tel.: +49 (0)7531 206857

E-Mail: wickert@htwg-konstanz.de

#### PROF. VALENTIN WORMBS

**Lehrgebiete:** Professur für Image-Design, konventionelle und digitale Fotografie und Bildgestaltung, Grundlagen der Fotografie und Fototechnik, Grundlagen Kommunikationsdesign.

**Forschungsgebiete:** Interdisziplinäre Untersuchungen von Bildräumen, Bild-Text-Wechselwirkungen, Medientheorie Bildwissenschaft, Bildrhetorik. **Spezielles Fachwissen:** Künstlerische Druckverfahren

Tel.: +49 (0)7531 206773

E-Mail: wormbs@htwg-konstanz.de

### FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

#### PROF. DR. HEIKO DENK

**Lehrgebiete:** Massivbau und IT im Bauwesen. **Forschungsgebiete:** Intelligent Computing in Engineering, praxisgerechte Softwareentwicklung. **Spezielles Fachwissen:** Spannbetonbau, Stahlbetonbau, Brückenbau

Tel.: +49 (0)7531 206205

E-Mail: denk@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. WOLFGANG FRANCKE

**Lehrgebiete:** Stahlbau, Verbundbau und Ingenieurholzbau.

**Forschungsgebiete:** Brandschutztechnische Bemessung, Verbundbau, Stahlbau, Ingenieurholzbau, Stabilitätsprobleme (Bie-



+GF+

Georg Fischer Piping Systems Ltd.  
8201 Schaffhausen / Schweiz  
E-Mail: info.ps@georgfischer.com  
www.gfps.com



#### INNOVATIVE TECHNOLOGIEN

Antriebe, Kugelhähne, Klappen, Membranventile,  
Mess- und Regeltechnik für korrosionsfreie  
Kunststoffrohrleitungssysteme.

gedrillknicken, Plattenbeulen), Gesamtstabilität, Traglastuntersuchungen, statische und dynamische lineare und nicht lineare Bemessung, Schockbelastungen, virtuelle Experimente und Simulation in der Lehre. **Spezielles Fachwissen:** Brandschutztechnische Bemessung im Verbundbau; Industriehallen und Geschossbauten aus Holz, Stahl und Stahl-Beton-Verbund; Parkhäuser aus Stahl-Beton-Verbund; Nichtlineare Berechnungen (Gesamtstabilität, Biegedrillknicken, Plattenbeulen), transiente Einwirkungen

Tel.: +49 (0)7531 206217

E-Mail: [francke@htwg-konstanz.de](mailto:francke@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. ANDREAS GROSSMANN

**Lehrgebiete:** Verkehrswesen. **Forschungsgebiete:** Betrieb und Erhaltung von Verkehrswegen. **Spezielles Fachwissen:** Straßenbetriebsdienst, Systematische Straßenerhaltung, Substanzbewertung von Verkehrsflächen

Tel.: +49 (0)7531 206215

E-Mail: [agrossma@htwg-konstanz.de](mailto:agrossma@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. PETER HIRSCHMANN

**Lehrgebiete:** Wasserbau und Wasserwirtschaft, Hydromechanik/Hydraulik, Ökologie und Raumplanung, Geo-Informationssysteme (GIS). **Forschungsgebiete:** Ökologischer Gewässerausbau, Retention, Strömung in Gewässern und Rohrleitungen. **Spezielles Fachwissen:** Wasserwirtschaftliche Planung, ökologischer Gewässerausbau, Wasser- und Baurecht einschl. Genehmigungsverfahren, Raumplanung, Hydraulik

Tel.: +49 (0)7531 206219

E-Mail: [hirschma@htwg-konstanz.de](mailto:hirschma@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. BERND JÖDICKE

**Lehrgebiete:** Physik, Lichttechnik. **Forschungsgebiete:** Lichttechnik/Beleuchtung (Tageslicht, Licht und Mensch, Messung von Licht). **Spezielles Fachwissen:** Lichttechnik/Beleuchtungstechnik, Wärmeübertragungsmessung

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: [joedicke@htwg-konstanz.de](mailto:joedicke@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. KLAUS-PETER MESSMER

**Lehrgebiete:** Technische Mechanik, Baustatik. **Forschungsgebiete:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragerwerken. **Spezielles Fachwissen:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragerwerken

Tel.: +49 (0)7531 206207

E-Mail: [messmerk@htwg-konstanz.de](mailto:messmerk@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. WOLFGANG REITMEIER

**Lehrgebiete:** Geotechnik (Grundbau, Bodenmechanik). **Forschungsgebiete:** Untergrundverbesserung mit Stabilisierungssäulen. **Spezielles Fachwissen:** Aufstehende- und schwimmende



Gründungen in weichen Böden; Vermessung, Ausführung, Qualitätssicherung

Tel.: +49 (0)7531 206224

E-Mail: [reitmeier@htwg-konstanz.de](mailto:reitmeier@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. UWE RICKERS

**Lehrgebiete:** Baubetrieb. **Forschungsgebiete:** Projektmanagement, Building Information Modelling (BIM), Entscheidungsunterstützung im Disaster Management. **Spezielles Fachwissen:** Projektmanagement, Building Information Modelling (BIM), Entscheidungsunterstützung im Disaster Management

Tel.: +49 (0)7531 206716

E-Mail: [uwe.rickers@htwg-konstanz.de](mailto:uwe.rickers@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. RER. NAT. HABIL. BENNO ROTHSTEIN

**Lehrgebiete:** Ressourcenmanagement, Umwelt- und Geowissenschaften, Energiewirtschaft, Globaler Wandel. **Forschungsgebiete:** Erneuerbare Energien, Energiewende, Nachhaltige Energiekonzepte, Risiko- und Krisenmanagement, Anpassung an Klimawandel, massengutaffine Unternehmen. **Spezielles Fachwissen:** Ressourcenknappheit, Energie der Zukunft, Wasserstraßen der Zukunft, Klimawandel, Verwundbarkeit von Infrastrukturen

Tel.: +49 (0)7531 206714

E-Mail: [rothstein@htwg-konstanz.de](mailto:rothstein@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. HANS PETER SCHELKLE

**Lehrgebiete:** Immobilienwirtschaft, Immobilienmanagement, Projektentwicklung. **Forschungsgebiete:** Organisation im Immobilienmanagement, Life Cycle Engineering. **Spezielles Fachwissen:** Facility Management und Organisationsberatung, Lebenszyklusmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206164

E-Mail: [schelkle@htwg-konstanz.de](mailto:schelkle@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. MAIKE SIPPEL

**Lehrgebiete:** Nachhaltige Entwicklung, Nachhaltige Ökonomie, Nachhaltigkeitsorientierte BWL, Nachhaltigkeit & Gesellschaft, Green Cities, Projektmanagement. **Forschungsgebiete:** Energie- und Klimaschutz in Städten/Organisationen/Politik, Akteure und Aktivitäten im lokalen Umfeld, Rolle von politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, umweltökonomische Instrumente. **Spezielles Fachwissen:** Energie- und Klimaschutz in Städten/Organisatio-

nen/Politik, Akteure und Aktivitäten im lokalen Umfeld, Rolle von politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, umweltökonomische Instrumente

Tel.: +49 (0)7531 206460

E-Mail: [maike.sippel@htwg-konstanz.de](mailto:maike.sippel@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. SYLVIA STÜRMER

**Lehrgebiete:** Baustofftechnologie/Bauchemie, Bauphysik, Bauwerkserhaltung/Bauschadensanalyse/Denkmalpflege, Darstellende Geometrie. **Spezielles Fachwissen:** Untersuchung und Bewertung mineralischer Baustoffe (auch historische Baustoffe), Baustoffe und Verfahren in der Bausanierung bzw. im Bautenschutz

Tel.: +49 (0)7531 206225

E-Mail: [stuermer@htwg-konstanz.de](mailto:stuermer@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. HORST WERKLE

**Lehrgebiete:** Baustatik und Baudynamik. **Forschungsgebiete:** Finite-Element-Methode in der Tragwerksplanung, Bauwerks- und Bodendynamik, Engineering Desktop Systeme in der Tragwerksplanung. **Spezielles Fachwissen:** Finite-Element-Berechnungen, baudynamische Berechnungen, erdbebensicheres Bauen

Tel.: +49 (0)7531 206164

E-Mail: [werkle@htwg-konstanz.de](mailto:werkle@htwg-konstanz.de)

#### PROF. FRANZ ZAHN

**Lehrgebiete:** Stahlbetonbau, Spannbetonbau, Betontechnologie. **Forschungsgebiete:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken. **Spezielles Fachwissen:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken

Tel.: +49 (0)7531 206216

E-Mail: [zahn@htwg-konstanz.de](mailto:zahn@htwg-konstanz.de)

### FAKULTÄT ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

#### PROF. DR.-ING. THOMAS BIRKHÖLZER

**Lehrgebiete:** Mathematik, Informatik, Software Engineering. **Forschungsgebiete:** Entwurfsmuster für objektorientierte Software, Architektur von vernetzten IT-Systemen (speziell im Gesundheitswesen), wahrscheinkeitsbasierte Modellierung von Wissen. **Spezielles Fachwissen:** IT-Architektur (Entwurf z.B. UML und Umsetzung), Prozessmodellierung, Software-Management, Innovations-Management, Medizintechnik und IT-Systeme für das Gesundheitswesen, Entwurf von wahrscheinkeitsbasierten Diagnosesystemen

Tel.: +49 (0)7531 206239

E-Mail: [thomas.birkhoelzer@htwg-konstanz.de](mailto:thomas.birkhoelzer@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. GREGOR BURMBERGER

**Lehrgebiete:** Programmieren, Grundlagen der Elektrotechnik, Automobile Bussysteme, Fahrzeugtechnik (Elektronik), Embedded Systems, Mikrocontroller, VHDL-Design. **Forschungsgebiete:** Embedded Systems, Mikrocontroller-Systeme, Automobile Bussysteme (speziell FlexRay), CPLD-, FPGA- und ASIC-Design, Schaltungsentwurf, Prozessor- und Systemarchitekturen. **Spezielles Fachwissen:** Bussysteme, FlexRay, Automobilelektronik, Platinenlayout, Systementwicklung, FPGA-Boards

Tel.: +49 (0)7531 206255

E-Mail: [gregor.burmberger@htwg-konstanz.de](mailto:gregor.burmberger@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. WILHELM FROMM

**Lehrgebiete:** Prozessautomatisierung, Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), Schutz- und Stationsleittechnik, Programmieren. **Forschungsgebiete:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen). **Spezielles Fachwissen:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen)

Tel.: +49 (0)7531 206368

E-Mail: [fromm@htwg-konstanz.de](mailto:fromm@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. HARALD GEBHARD

**Lehrgebiete:** Kommunikations- und Medientechnik, Kommunikationsnetze, Elektronische Navigation und Positionierung. **Forschungsgebiete:** Lokale GNSS-Dienste (GPS, GLONASS, Galileo). **Spezielles Fachwissen:** IP-Protokolle und Netze, Echtzeit Multimedia in IP-basierten Netzen, Echtzeitübertragung von GNSS-Daten in IP-basierten Netzen

Tel.: +49 (0)7531 206270

E-Mail: [harald.gebhard@htwg-konstanz.de](mailto:harald.gebhard@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. MANFRED GEKELER

**Lehrgebiete:** Leistungselektronik, elektrische Antriebstechnik, Energiewandlung. **Forschungsgebiete:** Leistungselektronik, Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control. **Spezielles Fachwissen:** Leistungselektronik, Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control, Stromrichter, Frequenzumrichter, Stromversorgungen, Schaltnetzteile (SMPS), Permanentmagnet-Motoren

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: [gekeler@htwg-konstanz.de](mailto:gekeler@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. THOMAS GÖLLINGER

**Lehrgebiete:** Energiewirtschaft, Wirtschaftswissenschaftliche Grundlagen, Organisation, Nachhaltige Ökonomie, insbesondere Energie und Mobilität. **Forschungsgebiete:** Ökologische Ökonomie, Evolutionsökonomik, Innovations-Management, Transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung und Nachhaltigkeits-Management, Systemisches Management, Energie-



wirtschaft, E-Mobility, Pfadabhängigkeit. **Spezielles Fachwissen:** Systemische Moderations-, Modellierungs- und Vernetzungs-Tools, systemdynamische Modellierung, betriebl. und kommunale Klimaschutz- und Energie-Strategien, systemische Innovationen

Tel.: +49 (0)7531 206704

E-Mail: [thomas.goellinger@htwg-konstanz.de](mailto:thomas.goellinger@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. WERNER KLEINHEMPEL

**Lehrgebiete:** Signalverarbeitung, Simulation, rechnergestützter Schaltungsentwurf. **Forschungsgebiete:** Entwurf, Konzeption und Simulation von nachrichtentechnischen Systemen, Entwicklung von Verfahren der digitalen Signalverarbeitung (Filteralgorithmen, Verfahren zur Spektralanalyse, Multiraten-Signalverarbeitung), Entwurf und Realisierung digitaler Filter. **Spezielles Fachwissen:** Entwurf, Konzeption und Realisierung der digitalen Signalverarbeitungskomponenten von Funksystemen und von Radarsystemen

Tel.: +49 (0)7531 206260

E-Mail: [kleinhempel@htwg-konstanz.de](mailto:kleinhempel@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. ROBERT KREMER

**Lehrgebiete:** Analoge Signalverarbeitung, Hochfrequenztechnik, Mikrowellentechnik. **Forschungsgebiete:** HF-Sensorik, Antennen. **Spezielles Fachwissen:** Kurzbereichsfunk, RADAR-Technik, Mikrowellen-Schattungstechnik, Mikrowellen-Messtechnik

Tel.: +49 (0)7531 206269

E-Mail: [kremer@htwg-konstanz.de](mailto:kremer@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. FLORIAN LANG

**Lehrgebiete:** Angewandte Physik. **Spezielles Fachwissen:** Automobil-Sensorik, mikromechanische Sensoren, optische Messverfahren, Laserphysik, Laser-Materie-Wechselwirkung, Phasenübergänge, Projektmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206774

E-Mail: [florian.lang@htwg-konstanz.de](mailto:florian.lang@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. RICHARD LEINER

**Lehrgebiete:** Mikrocontroller, Graphische Programmiersprachen (in Englisch), CAE. **Forschungsgebiete:** Anwendung von Photovoltaik und Brennstoffzellen in Booten und zugehöriges Energiemanagement. **Spezielles Fachwissen:** Energiemanagement in Booten, Messdatenerfassung über Internet, LabVIEW, CAE (analog), Filterentwicklung (analog)

Tel.: +49 (0)7531 206244

E-Mail: [leiner@htwg-konstanz.de](mailto:leiner@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. GABRIELE PREISSLER

**Lehrgebiete:** Mathematik und Informatik. **Spezielles Fachwissen:** Geometrie, insbesondere Differentialgeometrie (Möbius-Differen-

tialgeometrie, klassische und Riemannsche Differentialgeometrie, Willmore-Flächen)

Tel.: +49 (0)7531 206265

E-Mail: [preissler@htwg-konstanz.de](mailto:preissler@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. JOHANNES REUTER

**Lehrgebiete:** Regelungstechnik; Simulation. **Forschungsgebiete:** Regelung schnell schaltender Aktuatoren, insbesondere Magnetventile; Autonome Mobile Systeme, Schwerpunkt: Target Tracking und Data Association; Sensorik und Sensormodellierung; Optimierung von Betriebsstrategien unter Unsicherheit. **Spezielles Fachwissen:** Nichtlineare Regelungsverfahren mechatronischer Systeme; Probabilistische Filterung und Datenzuordnung (KF, PDAF, PDAB, MHT); Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme für Regelung und Simulation

Tel.: +49 (0)7531 206266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. CHRISTOPH SCHICK

**Lehrgebiete:** Hochfrequenztechnik, Analoge Schaltungstechnik, Grundlagen der Elektrotechnik. **Spezielles Fachwissen:** Integrierte Hochfrequenzschaltungen (RFICs), Mikrowellen-Schaltungstechnik, Mikrowellen-Messtechnik

Tel.: +49 (0)7531 206657

E-Mail: [christoph.schick@htwg-konstanz.de](mailto:christoph.schick@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. WOLFGANG SKUPIN

**Lehrgebiete:** Kommunikationstechnik, Mobilfunk, Mobilkommunikation, CDMA-Technik, GPS. **Forschungsgebiete:** Wireless LANs, mobiler Datenfunk, Verkehrsbelastungsszenarien (Kommunikationsverkehr). **Spezielles Fachwissen:** Navigation/Funknavigation/SATNAV, CDMA-Systeme, Wireless LANs

Tel.: +49 (0)7531 206257

E-Mail: [skupin@htwg-konstanz.de](mailto:skupin@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. PETER SLOWIG

**Lehrgebiete:** Kommunikationssysteme, Grundlagen Elektrotechnik, Technische Akustik, Informationstechnik für Fremdspracherwerb Chinesisch. **Forschungsgebiete:** Computerlinguistik, maschinelle Übersetzung, Spracherkennung. **Spezielles Fachwissen:** Messtechnik, Technische Akustik, maschinelle und humansprachliche Übersetzung: Japanisch, Chinesisch, Russisch

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: [slowig@htwg-konstanz.de](mailto:slowig@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. GUNTER VOIGT

**Lehrgebiete:** Hochspannungstechnik, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Energieübertragung und -verteilung, Messtechnik. **Forschungsgebiete:** Optimierung von Isolationssystemen, Methoden der Hochspannungsprüf- und -messtechnik. **Spezielles**

**Fachwissen:** Untersuchung von Isolationssystemen, Hochspannungsprüf- und -messtechnik

Tel.: +49 (0)7531 206510

E-Mail: gvoigt@htwg-konstanz.de

## FAKULTÄT INFORMATIK

---

### PROF. DR. OLIVER BITTEL

**Lehrgebiete:** Programmiertechnik, Algorithmen u. Datenstrukturen, KI-Programmierung, neuronale Netze u. Fuzzy Logic, Robotik.

**Forschungsgebiete:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, mobile autonome Roboter. **Spezielles Fachwissen:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, mobile autonome Roboter, insbesondere Einsatz von neuronalen Netzen u. Fuzzy Logic in Navigationssystemen (GPS, Loran-C)

Tel.: +49 (0)7531 206626

E-Mail: bittel@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. MARKO BOGER

**Lehrgebiete:** Software Architektur, Software Engineering, Moderne Programmiersprachen, Entrepreneurship, Projektmanagement.

**Forschungsgebiete:** Modellgetriebene Softwareentwicklung (MDSD), Graphische Modellierungswerkzeuge, Domänenspezifische Sprachen (DSL). **Spezielles Fachwissen:** MDSD, UML, Scala, Xtext, Xtend, Spray

Tel.: +49 (0)7531 206631

E-Mail: marko.boger@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. HEIKO VON DRACHENFELS

**Lehrgebiete:** Software-Entwicklung, Programmiertechnik (mit C++), Objektorientierte Systementwicklung (mit C++, Java, UML).

**Forschungsgebiete:** Produktivitätssteigerung in der Software-Entwicklung durch Standard-Architekturen und Entwurfsmuster, Software-Generierung, Fachsprachen, objektorientierte Renovierung von Altlasten. **Spezielles Fachwissen:** Verteilte Systeme, Software-Architektur, Software-Engineering, 10 Jahre Praxiserfahrung damit in der Postautomatisierung

Tel.: +49 (0)7531 206643

E-Mail: drachenfels@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. OLIVER ECK

**Lehrgebiete:** Datenbanksysteme, Systemmodellierung, Algorithmen und Datenstrukturen. **Forschungsgebiete:** Konzepte und Techniken moderner Datenbanksysteme, Wissensmodellierung.

**Spezielles Fachwissen:** Datenbanksysteme, Softwaretechnik, Systemanalyse, wissensbasierte Systeme, Ingenieursysteme

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: eck@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. WILHELM ERBEN

**Lehrgebiete:** Statistik, Logik(-programmierung), Metaheuristiken für Optimierungsprobleme, Data Mining. **Forschungsgebiete:**

Timetabling mit Hilfe Evolutionärer Algorithmen oder anderer Metaheuristiken. **Spezielles Fachwissen:** Timetabling/Scheduling, Metaheuristiken, Statistik mit Excel

Tel.: +49 (0)7531 206507

E-Mail: erben@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. MATTHIAS FRANZ

**Lehrgebiete:** Mustererkennung, Bildverarbeitung, Algorithmen

und Datenstrukturen. **Forschungsgebiete:** Bildverarbeitung, maschinelles Lernen, kognitive Systeme, Steganalyse. **Spezielles Fachwissen:** Bild- und Texturmodellierung, automatisches Design von Bildverarbeitungssystemen, Steganalyse in Bildern, maschinelles Lernen auf Bildern, Statistik natürlicher Szenen, optische Flussanalyse

Tel.: +49 (0)7531 206633

E-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. JÜRGEN FREUDENBERGER

**Lehrgebiete:** Kommunikationstechnik, Schaltungstechnik, Regelungstechnik, Multimedia. **Forschungsgebiete:** Sprachsignalverarbeitung, Übertragungstechnik, Informations- und Codierungstheorie.

**Spezielles Fachwissen:** Mobilfunkstandards Bluetooth, GSM und UMTS, Simulationssoftware Matlab, Softwareentwicklung für DSP-Systeme, Freisprech- und Sprachbediensysteme, Kfz-Multimedia

Tel.: +49 (0)7531 206647

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. HABIL. JÜRGEN GARLOFF

**Lehrgebiete:** Analysis, numerische Mathematik. **Forschungsgebiete:**

Globale Optimierung, wissenschaftliches Rechnen mit automatischer Ergebnisverifikation, Matrix-Analysis, robuste Regelung, numerische lineare Algebra. **Spezielles Fachwissen:** Rundungsfehlerkontrolle, Matrix-Analysis, robuste Regelung, Polynomiale Gleichungs- und Ungleichungssysteme, restringierte globale Optimierung.

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: garloff@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. MICHAEL GRÜTZ

**Lehrgebiete:** Betriebliche Systemanalyse/Systemplanung, betriebliche Systemforschung/Operations Research/Logistikinformationssysteme öffentlicher Betriebe (Krankenhaus-Informationssysteme) basierend auf einem Planspiel, Informationsmanagement, Projektmanagement. **Forschungsgebiete:** Entwicklung EDV-gestützter Optimierungsmethoden und -modelle (Operations Research, Expertensysteme, Simulation) im Besonderen im Bereich

Personaleinsatzplanung, Decision Support Systeme im Bereich Gesundheitsökonomie/Krankenhauswesen. **Spezielles Fachwissen:** Entwicklung einer rechnergestützten Lösung zur intelligenten Einsatzplanung für Auszubildende, Trainees und Praktikanten (Versetzungsplanung), Entwicklung eines Programmpakets zur rechnergestützten Auswahl und Verwaltung von Bewerbern für Arbeitsplätze, Systemanalyse in einem mittelständischen Betrieb zur Automatisierung von Beschichtungsanlagen

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: gruetz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. OLIVER HAASE

**Lehrgebiete:** Verteilte Systeme und Software Engineering. **Forschungsgebiete:** Peer-To-Peer-Netze, automatische Software-Distribution. **Spezielles Fachwissen:** Kommunikationsmiddleware, Java RMI, CORBA, Jini, Mobility, Peer-To-Peer-Infrastrukturen, Chord, Java Webstart

Tel.: +49 (0)7531 206720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ULRICH HEDTSTÜCK

**Lehrgebiete:** Simulation, Algorithmen und Datenstrukturen, theoretische Informatik, künstliche Intelligenz. **Forschungsgebiete:** Simulation (Simulationssoftware für ereignisorientierte Simulationen, Virtual-Reality-Simulationen), Natural Language Processing. **Spezielles Fachwissen:** Ereignisorientierte Simulation, Virtual-Reality-Systeme, Natural Language Processing, Expertensysteme

Tel.: +49 (0)7531 206508

E-Mail: hdstueck@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ELKE-DAGMAR HEINRICH

**Lehrgebiete:** Mathematik, Statistik, theoretische Informatik, graphische Algorithmen, Informations- und Codierungstheorie. **Forschungsgebiete:** Entwicklung von Algorithmen, Gender Studies (Förderung des Technikinteresses). **Spezielles Fachwissen:** Anwendung algebraischer Methoden, Einsatz von Computeralgebra

Tel.: +49 (0)7531 206343

E-Mail: heinrich@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. CHRISTIAN JOHNER

**Lehrgebiete:** Software-Engineering, Software-Qualitätssicherung, Software-Architekturen. **Forschungsgebiete:** Qualitätssicherung medizinischer Software, Datamining in der Medizin, Integration medizinischer Informationssysteme. **Spezielles Fachwissen:** Medizinische Informatik, Software im Gesundheitswesen, Qualitätssicherung medizinischer Software

Tel.: +49 (0)7531 206597

E-Mail: cjohner@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. MICHAEL MÄCHTEL

**Lehrgebiete:** Betriebssysteme, Realzeitsysteme und Embedded Systems. **Forschungsgebiete:** Latenzzeiten in Realzeitbetriebssystemen, Low Power Scheduling. **Spezielles Fachwissen:** Realzeitsysteme, Realzeitbetriebssysteme, Embedded Systems

Tel.: +49 (0)7531 206632

E-Mail: maechte@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. REINER MARTIN

**Lehrgebiete:** IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik (PPS). **Forschungsgebiete:** Einführung und Nutzung unternehmensweiter Informationssysteme (ERP-Systeme). **Spezielles Fachwissen:** IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik (PPS)

Tel.: +49 (0)7531 206509

E-Mail: martin@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. MARCO MEVIUS

**Lehrgebiete:** Wirtschaftsinformatik, Modellierung und Optimierung von Geschäftsprozessen, IT Service Management, Betriebswirtschaftslehre. **Forschungsgebiete:** Kennzahlenbasiertes Geschäftsprozessmanagement, Social Business Process Engineering, Cloud-basierte Geschäftsprozessimplementierung, Entwicklung nachhaltiger Informationssysteme (Green Software), Mobile Geschäftsprozesse, Schatten-IT. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung und Implementierung von prozessbasierten Informationssystemen, Konzeption, Einführung und Betrieb von Kennzahlensystemen, Nachhaltigkeitsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206515

E-Mail: marco.mevius@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. JÜRGEN NEUSCHWANDER

**Lehrgebiete:** Integriertes Netz- und System-Management, Rechnersysteme, Sicherheit in der Informationstechnik, Digitaltechnik. **Spezielles Fachwissen:** Netzwerk-Management von Kommunikationsnetzen, Entwurf digitaler Steuerungen (einschl. Mikroprozessoren), informationstechnische Sicherheit (Sicherheit beim E-Commerce), Projekt-Management (Methoden und Durchführung)

Tel.: +49 (0)7531 206648

E-Mail: juergen.neuschwander@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. CHRISTOPHER RENTROP

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL, Internes und externes Rechnungswesen, Controlling, Strategisches IT Management. **Forschungsgebiete:** Strategisches IT Management, IT Governance. **Spezielles Fachwissen:** IT Governance, Strategisches IT Management

Tel.: +49 (0)7531 206499

E-Mail: rentrop@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. IRENÄUS SCHOPPA

**Lehrgebiete:** Digitaltechnik, Digitale Systeme, Hardwarespezifikation mit VHDL, Hardware-Software Co-Design, Soft-Core-Prozessoren. **Forschungsgebiete:** Entwurfsautomatisierung in der Schaltwerkssynthese, applikationsspezifische Prozessoren und Controller in Embedded-Systemen, Hardwarebeschreibungssprachen. **Spezielles Fachwissen:** Entwurf und Synthese anwendungsspezifischer Schaltungen mit programmierbaren Logikbausteinen (FPGAs), Schaltungsdesign mit VHDL

Tel.: +49 (0)7531 206644

E-Mail: ischoppa@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RALF SEEPOLD

**Lehrgebiete:** Ubiquitous Computing, Betriebssysteme, Verteilte Systeme, Software Engineering, Programmierung. **Forschungsgebiete:** Telematik- und Multimedia-Gateways, Service-Architekturen, Integration mobiler Dienste, eHealth-/eCare-Anwendungen. **Spezielles Fachwissen:** Middleware-Gateways, Programmierung mobiler Endgeräte, Dienstintegration, verteilte Sensornetzwerke, Virtualisierung von Management-Umgebungen, Discovery-Protokolle

Tel.: +49 (0)7531 206633

E-Mail: ralf.seepold@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. GEORG UMLAUF

**Lehrgebiete:** Computergrafik, Programmieren, Algorithmen und Datenstrukturen, CAD. **Forschungsgebiete:** Computergrafik, geometrisches Modellieren, CAD, CAM, CAGD, Reverse Engineering. **Spezielles Fachwissen:** Unterteilungsalgorithmen, Splines, 3D-Rekonstruktion, Flächen-Optimierung, Meshing, 3D-Simulationen

Tel.: +49 (0)7531 206451

E-Mail: umlauf@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. JÜRGEN WÄSCH

**Lehrgebiete:** Datenbank- und Informationssysteme, E-Business Technologien, Information Engineering. **Forschungsgebiete:** Innovative Datenbank-Anwendungen, Datenbank-Technologien, Verteilte Systeme und Peer-to-Peer-Netzwerke, Kollaborative Systeme und Soziale Netzwerke, Adaptive NAT-Traversierung. **Spezielles Fachwissen:** Datenbanksysteme, -technologien und -anwendungen, XML-Standards und -Technologien, Service-orientierte Architekturen und Web-Services, Business-to-Business-Integration, E-Business-Standards, Produktdatenmanagement, Produktklassifikation, elektronische Produktkataloge

Tel.: +49 (0)7531 206502

E-Mail: waesch@htwg-konstanz.de

### FAKULTÄT MASCHINENBAU

#### PROF. DR.-ING. GUIDO BALTES

**Lehrgebiete:** Strategic Management, Corporate Entrepreneurship, Strategische Innovation, Strategische Veränderung, Innovationsmarketing. **Forschungsgebiete:** Dynamische Strategieentwicklung, Strategiefokussiertes Kompetenzmanagement, Innovationslabor eArchitecture Lab. **Spezielles Fachwissen:** Strategieentwicklung, strategische Transition & Veränderung, kunden-zentrierte (demand-side) Innovation, strategisches Patentmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206310

E-Mail: gbaltes@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RER. POL. ULRICH BEHNEN

**Lehrgebiete:** Integriertes Produkt- und Prozessmanagement, softwarebasierte Prozessmodellierung, Informations- und Wissenssysteme, Corporate Entrepreneurship, diverse softwaregestützte Unternehmenssimulationen sowie Business Planning. **Forschungsgebiete:** Prozessmanagement, Prozessmodellierung, Produktmanagement, E-Business und Web-Technologien, Open Source Software, Ontologien für Semantische Web Services, Smart Sensors usw. **Spezielles Fachwissen:** PLM-basiertes integriertes Produkt- und Prozessmanagement, CRM, E-Business und Web-Technologien, Innovationsprozesse, Unternehmensentwicklung, Gründungsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206752

E-Mail: ulrich.behnen@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. UWE BEHRENDT

**Lehrgebiete:** Anlagentechnik, Prozessmaschinen, Projektmanagement, Mathematik, Innovationsmanagement. **Forschungsgebiete:**





Hochdruckprozesspumpen, Dosiertechnik. **Spezielles Fachwissen:** Prozesspumpen, Projektmanagement, Innovationsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206326  
E-Mail: behrendt@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. PETER BLOHM**

**Lehrgebiete:** Konstruktionslehre. **Forschungsgebiete:** Anlagenbau, Walzwerkstechnik, Maschinenelemente. **Spezielles Fachwissen:** Blechbearbeitung, Blechschneiden, Anlagenbau  
Tel.: +49 (0)7531 206560  
E-Mail: blohm@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. RER. POL. THOMAS BÖTTCHER**

**Lehrgebiete:** Unternehmensführung und Organisation, Personal Marketing. **Forschungsgebiete:** Personal- und Organisationsentwicklung, Change Management, Unternehmenskultur. **Spezielles Fachwissen:** Strategisches und operatives Change Management, Entwicklung und Gestaltung von Unternehmenskultur  
Tel.: +49 (0)7531 206753  
E-Mail: thomas.boettcher@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. LAZAR BOŠKOVIĆ**

**Lehrgebiete:** Konstruktion und Berechnung. **Forschungsgebiete:** Strukturanalyse & Bauteiloptimierung mit Finite Element Methode (FEM), Betriebsfestigkeit. **Spezielles Fachwissen:** FEM, Festigkeitsberechnung, Ermüdungsfestigkeit, Bruchmechanik, Schraubenberechnung, Strukturdynamik, Parameteroptimierung  
Tel.: +49 (0)7531 206468  
E-Mail: lazar.boskovic@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. MICHAEL BUTSCH**

**Lehrgebiete:** Fahrzeugtechnik, Fahrzeuggetriebe. **Forschungsgebiete:** Fahrzeuggetriebe, Antriebstechnik, Fahrzeugtechnik. **Spezielles Fachwissen:** Planetengetriebe, Fahrzeuggetriebe, Industriegetriebe  
Tel.: +49 (0)7531 206390  
E-Mail: butsch@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. ARNO DETTER**

**Lehrgebiete:** Umwelttechnik und Chemie. **Forschungsgebiete:** Industrielle Wasser- und Abwassertechnik. **Spezielles Fachwissen:** Membrantrennverfahren, Adsorptionsverfahren, Reaktionstechnik  
Tel.: +49 (0)7531 206537  
E-Mail: detter@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. MARTIN DOMM**

**Lehrgebiete:** Mathematik, Rechnungswesen/Kostenrechnung für Ingenieure, Produktivitätsmanagement, Automatisierungstechnik. **Forschungsgebiete:** Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse; Robotertechnik, Handhabungstechnik,

Bildverarbeitung. **Spezielles Fachwissen:** Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse, Robotertechnik, Handhabungstechnik, Bildverarbeitung, Produktionsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206280  
E-Mail: domm@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. RER. NAT. KLAUS-DIETER DURST**

**Lehrgebiete:** Messtechnik, Sensorik, Fertigungsmesstechnik, Physik. **Spezielles Fachwissen:** Sensortechnik, Akustik, exp. mechan. Spannungsanalyse (DMS-Technik), Messsignalerfassung, Signalanalyse, Programmierung von Messtechnik-Applikationen, Kalibriertechnik, Messstatistik, 3D-Koordinatenmesstechnik, interferometrische Messtechnik (Oberflächenmesstechnik)  
Tel.: +49 (0)7531 206344  
E-Mail: klaus-dieter.durst@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. LUDWIG EICHER**

**Lehrgebiete:** Thermodynamik, Wärmeübertragung, Strömungslehre. **Spezielles Fachwissen:** Klimatechnik, insbesondere Luftentfeuchtung und Wassermanagement, Thermalanalyse, Systemengineering im Raumfahrtbereich  
Tel.: +49 (0)7531 206282  
E-Mail: eicher@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. RALF EISSLER**

**Lehrgebiete:** Qualitätsmanagement, Statistik und Mathematik. **Forschungsgebiete:** Total Quality Management. **Spezielles Fachwissen:** Total Quality Management, Lean Production und Six Sigma, Lean Management  
Tel.: +49 (0)7531 206323  
E-Mail: eissler@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. RER. POL. MANFRED GLASER**

**Lehrgebiete:** Buchführung und Jahresabschluss, Bilanzierung und Besteuerung, Finanzierung. **Forschungsgebiete:** Rechnungslegung und Besteuerung von KMU. **Spezielles Fachwissen:** Rechnungslegung und Besteuerung von KMU.  
Tel.: +49 (0)7531 206719  
E-Mail: mglaser@htwg-konstanz.de

**PROF. DR.-ING. DR. H.C. PAUL GÜMPEL**

**Lehrgebiete:** Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung, Korrosion und Oberflächentechnik. **Forschungsgebiete:** Mikrobiell induzierte Korrosion, Formgedächtnislegierungen, Korrosionsverhalten von NIRO-Stahl, Leistungsverhalten von Werkzeugen. **Spezielles Fachwissen:** Korrosionsverhalten von Stählen, nichtrostende Stähle, Werkzeugwerkstoffe, Verschleißverhalten von Werkstoffen  
Tel.: +49 (0)7531 2060  
E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KURT HEPPLER

**Lehrgebiete:** Mechanik, Maschinenkonstruktionslehre. **Spezielles Fachwissen:** Agrarsystemtechnik, Mobile Arbeitsmaschinen, Fördertechnik, mech. Verfahrenstechnik und Maschinenelemente

Tel.: +49 (0)7531 206321

E-Mail: kurt.heppler@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WERNER HOFACKER

**Lehrgebiete:** Thermische Verfahrenstechnik. **Forschungsgebiete:** Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien). **Spezielles Fachwissen:** Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien), numerische Thermo- und Fluidodynamik, Simulationstechnik, thermische Stofftrennung

Tel.: +49 (0)7531 206593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. UWE KOSIEDOWSKI

**Lehrgebiete:** Aktoren, Modellbildung und Simulation mechatronischer Systeme, Elektronik in Fahrzeugen, Mechatronische Systeme in Fahrzeugen, Schaltungstechnik in mechatronischen Systemen, Programmierung von Mikrocontrollern, Grundlagen Elektrotechnik, Einführung in Matlab/Simulink. **Forschungsgebiete:** Modellbildung und Simulation von mechatronischen Systemen, Prüfeinrichtungen für Systeme der Fahrzeugelektronik, Steuerung und Regelung elektromechanischer Antriebssysteme. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung, Simulation und Regelung mechatronischer Systeme

Tel.: +49 (0)7531 206721

E-Mail: uwe.kosiedowski@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. MARCUS KURTH

**Lehrgebiete:** Regelungs- und Systemtechnik. **Forschungsgebiete:** Automatisierung in der konventionellen und erneuerbaren Energieerzeugung, Führung und Regelung von elektrischen Übertragungsnetzen, Optimierung von technischen und nichttechnischen Prozessen. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung, Simulation, Projektierung und Optimierung technischer und nichttechnischer Systeme.

Tel.: +49 (0)7531 206778

E-Mail: marcus.kurth@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. BURKHARD LEGE

**Lehrgebiete:** Konstruktionslehre, Maschinenelemente, CAD. **Forschungsgebiete:** Schienenfahrzeugtechnik (im Aufbau). **Spezielles Fachwissen:** Schienenfahrzeugtechnik, Automatisierung von Schienenfahrzeugen, Lokomotivbau, Fahrwerkberechnung, internationale Zulassungsanforderungen für Schienenfahrzeuge

Tel.: +49 (0)7531 206309

E-Mail: lege@htwg-konstanz.de



#### PROF. DR. ANDREAS LOHMBERG

**Lehrgebiete:** Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbomaschinen), Strömungssimulationen (CFD). **Forschungsgebiete:** Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbomaschinen), Strömungssimulationen (CFD). **Spezielles Fachwissen:** Pumpen-, Verdichter- und Turbinenentwicklung, Computational Fluid Dynamics (CFD), numerische Strömungssimulation

Tel.: +49 (0)7531 206229

E-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. CARSTEN MANZ

**Lehrgebiete:** Unternehmensführung, Projektmanagement, Industriegütermarketing, Werkstofftechnik (Kunststoffe). **Forschungsgebiete:** Strategisches Management, Innovationsmanagement, Technologiemanagement, Faserverbundwerkstoffe. **Spezielles Fachwissen:** Projektmanagement, Unternehmensführung, Lasermaterialbearbeitung (Reinigen, Abtragen), Faserverbundtechnologie

Tel.: +49 (0)7531 206292

E-Mail: manz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ROLAND NÄGELE

**Lehrgebiete:** Steuerungstechnik, Regelungstechnik. **Forschungsgebiete:** Strukturierte SPS-Programmierung, PC-based control (Soft-SPS), Prüfstandsautomatisierung, Frequenzmessungen und Modellierung. **Spezielles Fachwissen:** Zustandsbeobachter, Model-based fault detection, Optimierung der Zuverlässigkeit (dependability), elektronische Schaltungen, komplexe Messdaten-Analyse, z.B. Sprungdetektion

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: roland.naegele@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ANTONIUS SAX

**Lehrgebiete:** Konstruktion, Konstruktionslehre, Werkzeugmaschinen. **Spezielles Fachwissen:** Verzahnungen, Getriebe

Tel.: +49 (0)7531 206279

E-Mail: sax@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KERSTIN SCHAPER-LANG

**Lehrgebiete:** Volkswirtschaftslehre, Betriebswirtschaftslehre, CRM – Customer Relationship Management, Managerial Economics, Betriebliche Informationssysteme. **Forschungsgebiete:** Innovationsmanagement, Corporate Identity – Organisationskultur, Kundenorientierung. **Spezielles Fachwissen:** Business-Coaching, NLP, Wirtschaftsethik

Tel.: +49 (0)7531 206687

E-Mail: kschaper@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. UDO SCHELLING

**Lehrgebiete:** Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung, Energietechnik. **Forschungsgebiete:** Brennstoffzellen, Wasserstofftechnik

Tel.: +49 (0)7531 206304

E-Mail: schelling@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. CARSTEN SCHLEYER

**Lehrgebiete:** Produktionsplanung, Produktionsnetzwerke, Lean Production, Materialwirtschaft, Produktionslogistik, betriebliche Informationssysteme. **Forschungsgebiete:** Prozess-Simulation, Lean Production, APS-Systeme, Wertschöpfungssysteme. **Spezielles Fachwissen:** Produktionsmanagement, Lean Production/Lean Management, Wertschöpfungssysteme, Produktionsplanung

Tel.: +49 (0)7531 206779

E-Mail: carsten.schleyer@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. KLAUS SCHREINER

**Lehrgebiete:** Verbrennungsmotoren, Kraft- und Arbeitsmaschinen, Mathematik. **Forschungsgebiete:** Mini-Blockheizkraftwerke, Biodiesel auf dem Bodensee, Gasmotoren auf dem Bodensee, Motordiagnose, Motorsimulation. **Spezielles Fachwissen:** Motorsimulation, Motordiagnose, Verbrennungsentwicklung, Common Rail

Tel.: +49 (0)7531 206307

E-Mail: schreine@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. DIETER SCHWECHTEN

**Lehrgebiete:** Mechanische Verfahrenstechnik, Abluftreinigung, Strömungslehre, Mehrphasenströmungen, Konstruktion von Apparaten der Pharma- und Lebensmitteltechnik, Methoden der Verfahrenstechnik. **Spezielles Fachwissen:** Feststoffverfahrenstechnik, insbesondere Mahlen und Sichten, Herstellung, Veredelung und Analyse feiner und feinsten Partikel (trocken, nass), Online-Partikelmesstechnik und Probenahme Sortiertechnik, Aufbereitung und Recycling Konstruktion verfahrenstechnischer Apparate, CAD

Tel.: +49 (0)7531 206535

E-Mail: schwechten@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. PHILIPP STEIBLER

**Lehrgebiete:** Technische Mechanik, Simulation und Programmieren. **Forschungsgebiete:** Finite-Element-Simulation.

Tel.: +49 (0)7531 206727

E-Mail: steibler@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. JENS WEBER

**Lehrgebiete:** Technische Mechanik, Schwingungstechnik, MKS-Simulation, Mathematik, Modellbildung und Simulation. **Forschungsgebiete:** Dynamische Simulation hochwechselbelasteter Rädertriebe, Hochdruckpumpen und andere Motorkomponenten,

MKS-Simulation, Stabilitätsuntersuchungen an Walzanlagen und Walzprozessen, nichtlineare Dynamik radial gekoppelter Rotoren.

**Spezielles Fachwissen:** Mehrkörpersysteme, nichtlineare Dynamik, Schwingungsmessung und -analyse, Signalanalyse, mathematische Modellbildung und Simulation, Numerik, FEM

Tel.: +49 (0)7531 206408

E-Mail: jens.weber@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. ANDREAS WILLIGE

**Lehrgebiete:** Fertigungstechnik, Werkstofftechnik, Oberflächentechnik. **Forschungsgebiete:** Schweißtechnik, Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik. **Spezielles Fachwissen:** Schweißtechnik (Schweißfachingenieur und Europäischer Schweißfachingenieur), Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik Schadensanalyse (Sachverständiger)

Tel.: +49 (0)7531 206283

E-Mail: willige@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. REINHARD WINKLER

**Lehrgebiete:** Werkstofftechnik; Mathematik; Trenn- und Füge-technik; Technische Mechanik. **Forschungsgebiete:** Werkstofftechnik; Trenn- und Füge-technik. **Spezielles Fachwissen:** Werkstofftechnik: Leichtmetallwerkstoff Aluminium (Legierungsentwicklung, Space-Frame-Technologie), Trenn- und Füge-technik: Laserstrahlschweißen

Tel.: +49 (0)7531 206754

E-Mail: rwinkler@htwg-konstanz.de

### FAKULTÄT WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

#### PROF. DR. JUR. RAINER BAKKER

**Lehrgebiete:** Wirtschafts- und Gesellschaftsrecht, EU-Recht, Rechtsvergleichung, Konfliktmanagement/Alternative Dispute Resolution (ADR), Gewerblicher Rechtsschutz/Intellectual Property inklusive Medien- und Urheberrecht. **Forschungsgebiete:** ADR (Einsatz der Mediation und ähnlicher Verfahren im Wirtschaftsrecht), Internationale Zuliefererverträge und Kooperationsverträge (F&E).

**Spezielles Fachwissen:** Gestaltung internationaler Zuliefererverträge, Alternative Streitbeilegung, Rechtsfragen des E-Commerce

Tel.: +49 (0)7531 206426

E-Mail: bakker@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. JOCHEN BENZ

**Lehrgebiete:** Logistik (insbesondere Materialwirtschaft, Produktion, Simulation in der Logistik, IT-Systeme), Wirtschaftsinformatik, Allgemeine BWL. **Forschungsgebiete:** Management Informationssysteme und Business Intelligence. **Spezielles Fachwissen:** Management Informationssysteme und Business

Intelligence, Simulation in der Logistik

Tel.: +49 (0)7531 206125

E-Mail: benz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ANDREAS BERTSCH

**Lehrgebiete:** Grundlagen der BWL, Finanzierung, Bilanzierung, Bilanzpolitik und Bilanzanalyse nach Handelsgesetzbuch (HGB) und International Financial Reporting Standards (IFRS), Case Studies, Steuersysteme und Investitionsförderung. **Forschungsgebiete:** Rechnungslegung nach HGB und IFRS, Risikomanagement, Unternehmensbesteuerung, Unternehmensbewertung, Unternehmensfinanzierung. **Spezielles Fachwissen:** Umstellung der Rechnungslegung von HGB auf IFRS, Bilanzierung von Finanzinstrumenten, insbesondere Derivate und strukturierte Produkte, nach nationalen und internationalen Grundsätzen, Unternehmensbewertung, Risikomanagement bei Banken

Tel.: +49 (0)7531 206531

E-Mail: bertscha@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RER. POL. JÖRG BEUTEL

**Lehrgebiete:** Volkswirtschaftslehre (Mikroökonomie, Makroökonomie), Umweltwissenschaften (Environmental economics), Empirische Wirtschaftsforschung (DV-Anwendungen). **Forschungsgebiete:** Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (National Accounts), Input-Output-Analyse (Input-Output-Analysis), europäische Regionalpolitik (Structural Policies), Entwicklungsplanung (Development Planning). **Spezielles Fachwissen:** National Accounts (Supply and use matrices, input-output-tables, capital stock data – Eurostat), European Structural Policies (Evaluierung der Europäischen Regionalpolitik – European Commission), Development Planning (Planungsministerium Saudi-Arabien)

Tel.: +49 (0)7531 206251

E-Mail: beutel@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. JUR. SUSANNE ENGELSING

**Lehrgebiete:** Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht, Systematik und Methoden der Rechtswissenschaft, BGB Allgemeiner Teil und Allgemeines Schuldrecht, Besonderes Schuldrecht, Deutsches und Europäisches Verfassungsrecht. **Forschungsgebiete:** Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht. **Spezielles Fachwissen:** Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht, Presserecht, Lebensmittelkennzeichnungsrecht infolge über 13-jährigen Tätigkeit als Wirtschaftsrechtsanwältin in diesen Rechtsgebieten

Tel.: +49 (0)7531 206746

E-Mail: susanne.engelsing@htwg-konstanz.de

#### PROF. PETER L. FRANKLIN

**Lehrgebiete:** Courses on Intercultural Business and Management Communication, current Research on Intercultural Business and Management Communication, Business Negotiation, Business Presentations, Business Writing, Business Terminology. **Forschungsgebiete:** Curriculum and media development in intercultural business and management communication, Cross-cultural management and marketing communication, Language teaching

Tel.: +49 (0)7531 206396

E-Mail: franklin@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. STEPHAN GRÜNINGER

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL, Managerial Economics, Compliance und Corporate Governance, Wirtschafts- und Unternehmensethik. **Forschungsgebiete:** Corporate Governance und Compliance Management, Fraud Risk Management & Fraud Investigation, Compliance Auditing & Monitoring, Wirtschaftsethik/Corporate Responsibility. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmensführung und -überwachung, Aufdeckung und Prävention von Wirtschaftskriminalität, insbesondere Korruptionsbekämpfung, Compliance Management und Business Ethics.

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. OLIVER HAAG

**Lehrgebiete:** Gesellschaftsrecht, Handelsrecht, Arbeitsrecht, Bürgerliches Recht, Compliance, Corporate. **Forschungsgebiete:** Betriebsverfassung im Mittelstand, Rechtsverhältnisse von Gesellschaftern und Gesellschaften, Unternehmensnachfolge in Familienunternehmen, Compliance in kleinen und mittelständischen Unternehmen. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmensgründung und -nachfolge, Managerhaftung, Gesellschaftsrecht, Handelsrecht, Arbeitsrecht, Beteiligungsverwaltung, Compliance

Tel.: +49 (0)7531 206452

E-Mail: oliver.haag@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. MICHAEL HADAMITZKY

**Lehrgebiete:** Logistik, Supply Chain Management, Produktion. **Forschungsgebiete:** Supply Chain Management in der Automobilindustrie, Einkaufsstrategien im Mittelstand, FuE-Benchmarking im Maschinen- und Anlagebau. **Spezielles Fachwissen:** Logistik, Fertigungsoptimierung, Einkauf, Fabrikplanung, Restrukturierung, Innovationsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206341

E-Mail: michael.hadamitzky@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KONSTANTIN HASSEMER

**Lehrgebiete:** Internationales Management, Supply Chain Management, Strategie + Kultur. **Forschungsgebiete:** Strategie und Kultur, Supply Chain Management in developing economies. **Spezielles**



**Fachwissen:** Internationales Marketing, Beschaffungsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206331  
E-Mail: hassemer@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. OLAF HOFFMANN**

**Lehrgebiete:** Controlling, insbesondere Projektcontrolling, Rechnungswesen, Finanzierung & Investition. **Forschungsgebiete:** Controlling von Finanzdienstleistern sowie Projektcontrolling. **Spezielles Fachwissen:** Vernetzung zwischen Controllingkonzeption und IT-spezifischer Umsetzung, Bankencontrolling, Projektcontrolling  
Tel.: +49 (0)7531 206655  
E-Mail: ohoff@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. KATRIN KLODT-BUSSMANN**

**Lehrgebiete:** Wirtschaftsprivatrecht, Öffentliches Wirtschaftsrecht. **Forschungsgebiete:** Internationales Vertragsrecht, Handels- und Gesellschaftsrecht, Vergaberecht. **Spezielles Fachwissen:** Gesellschaftsrechtliche Transaktionen im internationalen Konzern, insbesondere Umstrukturierungen, Gründungen von JVs etc., Internationale Projektverträge, insbesondere im Bereich Automotive  
Tel.: +49 (0)7531 206308  
E-Mail: Katrin.Klodt-Bussmann@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. KLAUS KOHLÖFFEL**

**Lehrgebiete:** Strategische Planung. **Spezielles Fachwissen:** Strategisches Management, internationale Strategieentwicklung, Coaching von Führungskräften  
Tel.: +49 (0)7531 206407  
E-Mail: kohl@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. CHRISTIAN KREKELER**

**Lehrgebiete:** Deutsch als Fremdsprache, Fachsprache der Wirtschaft für Studierende des Studienkollegs. **Forschungsgebiete:** Fremdsprachenunterricht: Computereinsatz im Fremdsprachenunterricht, Sprachtests. **Spezielles Fachwissen:** Lehrerfortbildungen in der Moderationsmethode  
Tel.: +49 (0)7531 206395  
E-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. ARTHUR KRÖNER**

**Lehrgebiete:** Buchführung und Jahresabschluss, Kosten- und Leistungsrechnung, allgemeine bzw. Grundlagen der BWL; Existenzgründung, Controlling, Unternehmenskrisen. **Forschungsgebiete:** Unternehmensgründung, Kostenrechnung, (Prozesskostenrechnung), Zielsysteme. **Spezielles Fachwissen:** Total Quality Management, Gastronomie  
Tel.: +49 (0)7531 206550  
E-Mail: akroener@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. HEINZ MÜRDTER**

**Lehrgebiete:** Wirtschafts- und Finanzmathematik, internationale Wirtschaftsbeziehungen. **Forschungsgebiete:** Theorie und Geschichte der Globalisierung, Ökonomik der Ölförderländer, New Systems Competition. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung und Simulation in Ökonomie und Demographie  
Tel.: +49 (0)7531 206442  
E-Mail: muerdter@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. MANFRED POLLANZ**

**Lehrgebiete:** Betriebliches Rechnungswesen, Investition und Finanzierung, Geschäftsplanung und Unternehmensüberwachung, Internationale Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung, Management Consulting. **Forschungsgebiete:** Risikoorientierter Prüfungsansatz, Risikomanagement, Risk Adjusted Balanced Scorecard, Internationale Rechnungslegung. **Spezielles Fachwissen:** Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung, Internationale Rechnungslegung, KMU-Beratung  
Tel.: +49 (0)7531 206682  
E-Mail: pollanz@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. BERND RICHTER**

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL, Organisation und Führung, Kommunikation. **Spezielles Fachwissen:** Führung, Personal, Kommunikation  
Tel.: +49 (0) 7531 206333  
E-Mail: bwl@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. CLOTILDE ROHLEDER**

**Lehrgebiete:** Innovation Management inkl. Product Lifecycle Management, Marketing, Betriebswirtschaftslehre, Mikro- Makroökonomie. **Forschungsgebiete:** Innovation Management, Product Lifecycle Management. **Spezielles Fachwissen:** Innovation Management, Product Lifecycle Management  
Tel.: +49 (0)7531 206484  
E-Mail: clotilde.rohleder@htwg-konstanz.de

**PROF. DR. JAN-DIRK ROSCHE**

**Lehrgebiete:** Veranstaltungen im Themenbereich: Personal, Organisation, Führung, Projekt-, Team-, Selbst-Management; Inhouse- und Outdoor-Veranstaltungen. **Forschungsgebiete:** Unternehmerisch orientierte Humancapital-, Leadership- und Organisationsentwicklung und -beratung; Orientierungs-/Assessment-Center, Life- & Work-Planung, Coaching. **Spezielles Fachwissen:** Tätigkeiten und Führungsaufgaben in international tätigen Konzernen der Chemie- und Automobilindustrie im klassischen Human Resources Management, Personalmarketing sowie innovativer und strategischer Personal- und Organisationsentwicklung, Beratungs- und Trainingserfahrung in Profit- und Non-Profit-Organisationen, Zusatzausbildungen in systemischer und

gestaltpsychologischer Beratung und im Career Development  
Tel.: +49 (0)7531 206403  
E-Mail: [rosche@htwg-konstanz.de](mailto:rosche@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. EDMUND SCHIFFELS

**Lehrgebiete:** Internationales Management, Controlling/Logistikcontrolling. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmensführung im internationalen Konzern; Finanzwesen/Controlling (Logistik); Sanierungsprojekte in kleinen Unternehmen  
Tel.: +49 (0)7531 206338  
E-Mail: [schiffel@htwg-konstanz.de](mailto:schiffel@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. LEO SCHUBERT

**Lehrgebiete:** Marketing, Statistik, Unternehmensforschung, Kreativität und Ideenmanagement, International Finance Markets. **Forschungsgebiete:** Kapitalmarktforschung, Kundenzufriedenheitsforschung. **Spezielles Fachwissen:** Portfoliooptimierung, multivariate Datenanalyse  
Tel.: +49 (0)7531 206429  
E-Mail: [schubert@htwg-konstanz.de](mailto:schubert@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. STEFAN SCHWEIGER

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL mit Schwerpunkt industrielle Projektplanung und Prozessmanagement. **Forschungsgebiete:** Supply Chain Management, Servicemanagement im Maschinen- und Anlagenbau. **Spezielles Fachwissen:** Change Management, Projektmanagement, Logistik/SCM, Servicemanagement (Maschinen-/Anlagenbau)  
Tel.: +49 (0)7531 206443  
E-Mail: [schweiger@htwg-konstanz.de](mailto:schweiger@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. MARC STRITTMATTER

**Lehrgebiete:** Bürgerliches Recht, Handelsrecht, Informationstechnologierecht, Vertragsmanagement, Datenschutzrecht, Urheberrecht. **Forschungsgebiete:** Cloud Computing, Datenschutzrecht, Internationales Privatrecht. **Spezielles Fachwissen:** Technisches Recht, insbesondere IT Projektvertragsrecht.  
Tel.: +49 (0)7531 206755  
E-Mail: [marc.strittmatter@htwg-konstanz.de](mailto:marc.strittmatter@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. WERNER VOLZ

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL, insbesondere Finanzierung und Betriebswirtschaftliche Steuerlehre; Betreuer des Arbeitskreises „Unternehmensrechnung und Steuern“. **Forschungsgebiete:** Finanzierung und Steuern, Internationale Rechnungslegung nach International Financial Reporting Standards (IFRS), Unternehmensnachfolge und Besteuerung sowie Fragen der grenzüberschreitenden Besteuerung. **Spezielles Fachwissen:** Umstellung der Rechnungslegung von Handelsrecht auf International Financial Reporting Standards in mittelständischen Unternehmen, Erarbeitung von Unternehmensnachfolgekonzepten, Erstellung von

Unternehmenswertgutachten, Entwicklung von Wegzugsbesteuerungskonzepten in Niedrigsteuergelände (CH)

Tel.: +49 (0)7531 206405  
E-Mail: [volz@htwg-konstanz.de](mailto:volz@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. HABIL. JOSEF WIELAND

**Lehrgebiete:** Betriebswirtschaftslehre mit Schwerpunkt Wirtschafts- und Unternehmensethik. **Forschungsgebiete:** Theorie: (Internationale) Wirtschafts- und Unternehmensethik, Organisation und WerteManagement, Neue Organisationsökonomik/Institutionalistische Theorie der Firma, Angewandte Ethik/Sozialethik, Unternehmenskultur und -kommunikation, Unternehmen und Gesellschaft, Ökonomische Theoriegeschichte. Empirie: International vergleichende Forschung (Deutschland/USA/Russland) zur Entwicklung von Systemen des WerteManagements in Unternehmenskulturen (aktuelle Projekte: Werte in deutsch-russischen und deutsch-chinesischen Unternehmensbeziehungen); Organisatorische Möglichkeiten der praktischen Implementierung und Entwicklung von WerteManagement in der Unternehmenskommunikation und im Integritäts-Management (aktuelles Projekt: USA/Deutschland – Vergleich zum Werte-Management im Gesundheitsbereich). **Spezielles Fachwissen:** Fort- und Weiterbildung; Durchführung von Seminaren zu Unternehmenskultur und WerteManagement für deutsche Unternehmen.

Dozent für Unternehmensethik und -kultur der A1-Seminare der Dt. Ges. f. Personalführung (DGfP) sowie des Kontaktstudiums „Management“ und „Master of Business Communication“ der Technischen Akademie Konstanz, Leiter des Ethikforums Euregio Bodensee, der Herbstakademie Wirtschafts- und Unternehmensethik des DNWE, der Sommerakademie Wirtschaftsethik der Evang. Akademie Loccum, des Berliner Kolloquium Ökonomie und Theologie u.a. Consulting: Entwicklung und Implementierung von EthikManagement- und EthikAudit-Systemen in Unternehmen; außerdem Beratung der Yabloko Fraktion der DUMA, Moskau (Projekt Wirtschaftsethik in Russland); EU-Kommission, Brüssel (Arbeitsgruppe Education for Democratic Citizenship); Bund deutscher Arbeitgeber (BDA), Berlin (Arbeitsgruppe Code of Conduct); Kirchliche Akademie der Lehrerfortbildung, Obermarchtal (Curriculum Wirtschaftsethik für Katholische Freie Schulen in der Diözese Rottenburg-Stuttgart); u.a.

Tel.: +49 (0)7531 206404  
E-Mail: [wieland@htwg-konstanz.de](mailto:wieland@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. SHARON ZAHARKA

**Lehrgebiete:** Wirtschaftsenglisch, Technisches Englisch, Interkulturelle Kommunikation, Landeskunde USA. **Forschungsgebiete:** Fremdsprachendidaktik: Fachsprache Wirtschaft an Hochschulen, Interkulturelle Kommunikation. **Spezielles Fachwissen:** Fachsprache Wirtschaft, Interkulturelle Kommunikation bezogen auf USA  
Tel.: +49 (0)7531 206487  
E-Mail: [zaharka@htwg-konstanz.de](mailto:zaharka@htwg-konstanz.de)

# EFFECTS OF USING DIFFERENT TYPES OF SIGNALS TO TRANSPORT KANBAN INFORMATION

*Markus Straub, Carsten Manz*



*M. Eng. Dipl. Ing. (FH)  
Markus Straub*

*PhD-Student at the Faculty  
„Media, Arts and Technol-  
ogy“ at the University of Gloucestershire (GB)*



*Prof. Dr.-Ing. Carsten Manz*

*Dean at the Faculty of  
Mechanical Engineering  
since 2006 and designated  
President HTWG Konstanz*

## 1 ABSTRACT

This paper shows the effects of using different alternatives to the conventional „Kanban cards.“ The methodological approach is to test new and simple ways to transport information in the Kanban cycle. So, the study is designed to identify the effects of different types of Kanban signals and to create a guideline regarding which Kanban signal should be chosen. Furthermore, the study identifies which parameters are important for choosing the right Kanban signal. Within this study, six different types of Kanban information transmission are researched. Moreover, it will be researched if the geometrical of the goods have significant influence on the choice of the Kanban signal.

## 2 INTRODUCTION

The first Kanban system was created by Taiichi Ohno, the leading production engineer at the Toyota Production System (TPS). The material is replenished in a traditional way in derivation to the production and sales plan. In the best case, the production and sales plan is identical with the customers demand. If not, a high volume of goods, parts, and assembly groups have often been produced without an equivalent demand for them. Thus, a lot of additional operational steps for handling, testing, and so on are necessary. Therefore, the approach by Ohno was to create demand-driven material replenishment. The first step was to uncouple the material replenishment from the sales and production plan. In the next step, the material replenishment was connected with the actual demand. The approach was to replenish a given good only when it is needed by the customer. So, the amount of the material located in the processes and in storage is fixed. Strictly spoken, no product is replenished that is not needed by the customers. This golden rule continues until today and constitutes the Kanban cycle.

## 3 OBJECTIVE

The objective of the research is to compare the advantages and disadvantages of different Kanban signals and to categorize the application. The categorisation helps the company and logistic planning to decide which Kanban signal is best suited given the key characteristics of the system at hand. However, in advance, which key parameters determine the definition of the Kanban signal must be researched. More specifically, it has to be investigated if the dimension of the goods is one important parameter needed to define the Kanban signal.

## 4 METHODOLOGY

Different types of Kanban signals are compared by the same criteria. All of these systems are installed at the same time in order to achieve a direct comparison. To test the different Kanban signals, the replenishment of the picking area is used. In this area, a lot of different goods are handled. Small goods with only small dimensions as well as long items are located in this picking area. The term 'long item' is used in the logistic sector for all materials that are longer than 2.5 meters, require individual packaging, and have a relatively small cross section [1,2]. Every Kanban signal is tested by one small good and by one long item. This means that using six different Kanban cycles for two material types (small goods and long items), twelve different Kanban cycles can be installed and tested in this study. The claim of the turnover frequency is that each material has to be replenished every 3 hours. The time period for testing the Kanban cycles is two weeks, each of which contains 35 working hours.

## 5 CASE STUDY

In this paper, six different Kanban types are compared with each other. Basically, it will show the effects of the different infor-

mation flows from different Kanbans with bins and Kanbans with cards. For a Kanban with bins, the information that is needed is connected to it with a bin. The information is only for this bin and not dissoluble. In a Kanban system with cards, all information is recorded on a card or another information carrier. However, the information and the bin are variable. That means that the information card can change the bin. But, it is only possible to change the card and the bin by paying attention to the Kanban rules. Kanbans and bins can only change if the bin is empty. If goods are in the bin, it is not possible to change the Kanban card because goods could be confounded.

The basic principle of the Kanban cycle is shown in Figure 1. Two boxes are located at the picking area. Goods are picked from one box; the second box is used if the first one is empty.

If the bin is empty, the card will be separated from the bin (1). Standardised boxes are used to carry goods. The further handling steps are uncomplicated. Boxes can be used for a lot of different goods. Furthermore, the handling of the empty boxes is easy, as they can be refilled with the same or other goods. It is only necessary to apply a new Kanban to the box. The tugger train brings these new boxes with goods to the picking area and picks up the empty boxes [3]. The Kanban that is separated from the box is handled with attention because this is the signal to pull goods from the previous process to the following process (2). Thus, the Kanban gives the signal to take material out of a machine or a rack. If products are purchased, they are stored in a supermarket. From this supermarket, the needed good or box is delivered: The Kanban is affixed on the good or box (3) and is taken to the picking area (4). For the handling of the cards, a board is needed. This board is called the Kanban board and the cards are collected on it before the given card or ball is affixed onto the next good or box. This is

because the card comes back to the previous process step. If a person cannot directly receive this card, it could be lost. Table 1 describes Kanban cycles with cards. In derivation of the Kanban cards, there are other possibilities for submitting information. For example, a lot of companies use the ERP systems. With such systems, you can make an electronic Kanban card and the whole process is monitored and documented by the ERP system. However, the ERP does not always use the same Kanbans. Kanbans are recycled and reprinted for each provision of material. Another alternative to the cards is to use balls. Golf or tennis balls are small balls that would be suitable because they are easy to roll on pipes. But there are limitations to the information that can be submitted using a golf ball. Using golf balls of different colours has advantages. For example, the golf balls can roll its way from the picking area to the supermarket in a pipe. The employee in the picking area would then have to fetch the goods marked with the colour of the golf ball. To use this system, every box in the supermarket has to be marked with the colour of the appropriate golf ball or a golf ball of the appropriate colour could even be located in or on the box. This Kanban signal can be used very well for employees with dyslexia and dysgraphia, but would certainly not work well for colour-blind employees.

The second Kanban cycle is based on a bin Kanban. In a bin Kanban, the information regarding the Kanban is connected to

the bin containing the goods. Usually this type of Kanban is used for special bins which are adapted to the goods. These special bins are adaptable to other goods. If the bin is empty (see Figure 2, (1)), the bin is picked up. In this case, the box also carries the information. The bin is taken to the supermarket (3) and filled up with goods. The next step is to bring the box to the picking area (4). Two other types of Kanbans can be derived from this type and have been tested in this study. The first one is to place an RFID tag on every box. Information can be saved on the RFID tag. Thus, if suppliers are directly involved in the Kanban cycle, the box has to be placed on a radio transmitter, which has to communicate or send the demand to the supplier. Then, the supplier delivers the new goods. The radio transmitter sends the information directly to the suppliers' ERP system. This transmission box only requires electricity, though a module for communication, such as cell phone, must be installed or available in the transmission station to send the demand directly to the customer. Every 5 minutes a scan starts automatically if a box is placed under the transmitter.

The third bin Kanban cycle describes a simple monitoring. With the help of a commercially available web camera, a live stream to a commercial monitor can be established. The web camera and the monitor are connected like a monitoring system in the building. There is no need for a connection or an interface to a com-

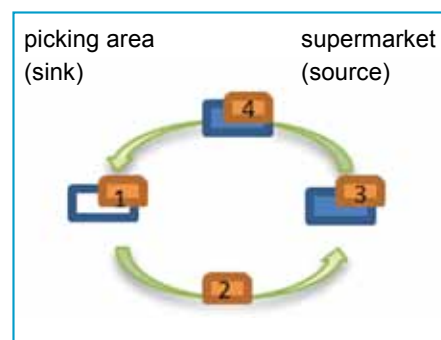


FIG. 1: Principle of Kanban with Cards

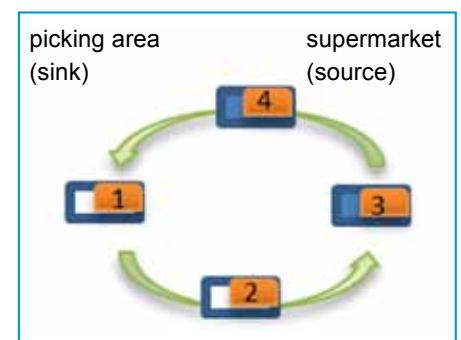


FIG. 2: Principle of Kanban






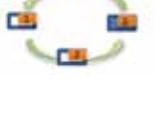


	Kanban Type	Process	Process Information	Transportation of the Kanban Information
Kanban Using Cards	Kanban using a card		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remove the Kanban card</li> <li>2. Transport the card to the supermarket</li> <li>3. Affix the card to the bin</li> <li>4. Transport the card and the bin to the picking area</li> </ol>	All information needed is on the card
	Kanban by ERP		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remove the Kanban card</li> <li>2. Scan the card, the information is sent to the ERP system</li> <li>3. Recycle the card</li> <li>4. Print a new Kanban</li> <li>5. Affix the card to the bin</li> <li>6. Transport the card and the bin to the picking area</li> </ol>	All information needed is in the ERP system, only the transport information is on the Kanban
	Kanban using balls		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remove the Kanban (ball)</li> <li>2. The ball rolls down the pipe to the previous process</li> <li>3. Take the Kanban to the new bin</li> <li>4. Transport the Kanban and the bin to the picking area</li> </ol>	The information are transmitted according to the colour of the Kanban (ball)
Kanban With Bins	Kanban with bins		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remove all goods from the bin</li> <li>2. Transport the bin to the supermarket</li> <li>3. Fill the bin with goods or take a full bin of the same good</li> <li>4. Transport the bin to the picking area</li> </ol>	All information needed is marked on the bin
	Kanban by RFID		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remove all goods from the bin</li> <li>2. Transport the bin to the RFID bridge, place the bin under the RFID scanner. The scanner starts automatically every 5 min. and sends the information to the ERP system</li> <li>3. Take the needed material from the supermarket. Close the order with manual scanning</li> <li>4. Transport the bin to the picking area</li> </ol>	All information needed is in the ERP system and on the bin
	Kanban by webcam		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remove all goods from the bin. If the bin is removed, the surface of the floor becomes visible (yellow or red). Using a simple webcam, the floor is monitored. Thus, at the sink, the employee can see the colour of the surface and he knows that he has to bring a new bin</li> <li>2. Transport the empty bin to the source</li> <li>3. Fill the bin with goods</li> <li>4. Transport the bin to the picking area</li> </ol>	All information needed is transmitted to the webcam via the live stream

Table 1: Types of Different Kanban Signals

pany system like ERP. If a box is empty, this box is simply removed and the surface of the floor becomes visible. The floor has a colour that shows the urgency of the delivery. The surface under the first box could be yellow and the second box, red. If the colour yellow is shown on the monitor, the employee knows that a further bin is needed. Moreover, a material number is marked on the yellow surface so that the employee at the monitor knows which material is needed in the picking area. Thus, the provision of materials starts. An overview of all of the different types of Kanban cycles is presented in Table 1:

## 6 FINDINGS

After two weeks of intensive researching of the different Kanban cycles, 327 materials have been transported from the supermarket to the picking area. The results of the research are summarised in Table 2. In general, installing and implementing the Kanban cycles without the ERP and RFID is rather uncomplicated. The ERP and RFID systems are more complicated because it requires a good deal of effort to define a Kanban cycle in a computer system. At first, the system needs basic data about the supermarket as well as the picking area, the vehicles, the connection of the processes, and the equipment. However, if all of this is done, such systems provide a clear overview regarding the way information flows in the system. Problems arose only in the Kanban by RFID. The transmitter works like a cell phone; thus, the information can only be transmitted if radio reception is available. But in a company building with thick cement walls, the radio reception was not sufficient. Thus, the system can only be used in places with appropriate radio reception. The Kanban via webcam was better in this regard because the radio transmitter and the radio receiver are located in the same building. This constellation of a Kanban cycle has no problem transmitting the information. Yet,

	Kanban Using Cards			Kanban with Bins		
	Kanban using cards	Kanban by ERP	Kanban using balls	Kanban with bins	Kanban by RFID	Kanban by webcam
Installation of Kanban information signals	Little effort required for the installation. Supported by Microsoft Excel for printing cards.	For the installation of the Kanban cycles, user-level knowledge is necessary.	Little effort required for the installation if the source and the sink are not far away. The pipe has to be made and installed by a craftsman.	The information has to be affixed on a bin by iron sheet. The sheet has to be stamped with information.	On the RFID tag, information has to be electronically written by ERP. For this, user-level knowledge is necessary.	The ground has to be painted with colours. Also the webcam and the monitor have to be installed. For this, special operator level knowledge and a craftsman are necessary.
Change of Kanban information signals	New cards have to be printed.	The basic ERP data has to be changed.	By changing the ball or the meaning of the ball.	Changes are complicated because the information is directly stamped on the bin.	The basic ERP data have to be changed.	The colours on the floor have to be changed, therefore a craftsman is needed.
Overview of Kanban information signals	Good overview on the Kanban board.	Good overview on the ERP system.	Good overview on the Kanban ball pipe (= Kanban board).	No general overview about the bins.	Good overview on the ERP system.	Good overview on the monitor.
Security against loss of the Kanban signal	The employees have to handle the Kanbans with care.	The transparency of all Kanbans is available at the ERP system at any time.	The employees have to handle the Kanbans with care.	The employees have to handle the Kanbans with care.	The transparency of all Kanbans is available at the ERP system at any time.	Kanbans cannot be lost because no cards are in circulation.
Transparency of the signal handling	A Kanban board helps to gain transparency.	Full transparency via ERP system.	Transparency only through on-the-spot checks.	Transparency only through on-the-spot checks.	Full transparency via ERP system.	Full transparency via live stream.
Are there disadvantages associated with the transportation of Kanban signals of long items? If yes, which ones?	None.	None.	None.	None.	Yes, because the RFID bridge has a limited space.	None.

Table 2: Effects of Using Different Kanban Signals

when managing a high number of goods, mistakes can easily occur because the employee has to maintain an overview of a lot of different monitors. The same problem arose in the Kanban using balls.

This system can also only be applied when there is a relatively low number of goods to maintain. Furthermore, Kanban ball processes have to be installed close to each other because installing the pipes across

far distances is difficult. The challenge is that the balls have to roll on their own from one process to another process. Therefore, there need to be differences in the height as well as space to install the pipes. The Kanban using bins is particularly suitable for products which need special boxes for transport, e.g. boxes with special contours to transport only special goods. In this case, the boxes are handled separately so the benefit of dividing information and box is insignificantly smaller. If a lot of similar boxes are used, the Kanban using cards is an effective method because the Kanbans can be shared among the boxes, the information flows quickly and the boxes can be handled efficiently. During this research, it was identified that the dimension of the goods is not the dominant key characteristic; rather, characteristics like the number of installed Kanban cycles, transparency, traceability, speed of the Kanban signal, the location of the processes, and whether or not suppliers are involved are key characteristics when it comes to deciding which transmitting signal should be chosen for Kanban information.

## 7 CONCLUSION

To identify parameters that help to choose the right Kanban signal, different case studies have been conducted. Six different types of Kanban signals were compared with each other. Each Kanban signal was tested using a long item as well as a small good. This is necessary to identify the effects of the dimension of the goods to the Kanban signal. The research result is that the dimensions are not a key parameter for deciding which Kanban signal has to be chosen. Only in the Kanban by RFID did the dimensions have a significant influence because the RFID bridge has a limited space. In Table 3, key parameters are identified. They are used to determine which Kanban signal to choose. If the transparency and traceability are top priority factors, only a system that transports data safely would be an option. If that is

	Kanban Using Cards			Kanban with Bins		
	Kanban using cards	Kanban by ERP	Kanban using balls	Kanban with bins	Kanban by RFID	Kanban by webcam
Transparency	x	x	x		x	x
Traceability		x			x	
Process locations close to each other	x	x	x	x	x	x
Process locations far away from each other		x		x	x	x
Suppliers are involved	x	x		x	x	x
High number of different Kanban cycles	x	x		x	x	
Quick transmission of the Kanban signal		x	x		x	x

Table 3: The Connection of Key Parameters to the Different Kanban Signals

not possible, alternatives might be the Kanban by webcam, which can be used for a limited amount of different goods. The study shows that this system is easy for the employees to operate. The same advantage exists in a Kanban system that uses balls. With a limited number of Kanban cycles that are located fairly close to each other, even employees with reading disabilities can operate on this system.

## REFERENCES

- [1]: J.K. Liker, G.L. Concis, The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence through Leadership Development, 1st Ed., McGraw-Hill, New York, 2012.
- [2]: R. Hanson, Effects of using minomi in in-plant materials supply, Journal of Manufacturing Technology Management. 22 (2011).
- [3]: H. Martin, Transport- und Lagerlogistik, 7th Ed., Springer, Berlin, 2009.
- [4]: T. Ohno, Das TOYOTA-Produktions-System, 1st Ed., Campus Verlag GmbH, Frankfurt/Main, 2009.



“Engaging students in the Holcim Awards is important for the future of sustainability because the teaching process can only get them on the way.”

Carolyn Aguilar, Dean of Architecture, Universidad Iberoamericana (UIA), Mexico City. UIA is a Partner University of the Holcim Foundation.

## **4<sup>th</sup> International Holcim Awards for sustainable construction projects. Prize money totals USD 2 million.**



Renowned technical universities lead the independent juries in five regions of the world. They evaluate projects at an advanced stage of design against the “target issues” for sustainable construction and allocate additional prizes for visionary ideas of young professionals and students. Find out more about the competitions at [www.holcimawards.org](http://www.holcimawards.org)

The Holcim Awards is an initiative of the Swiss based Holcim Foundation for Sustainable Construction. It is supported by Holcim and its Group companies and affiliates in around 70 countries, including Germany. Holcim Ltd is one of the world’s leading suppliers of cement and aggregates.



**Holcimawards**

for sustainable construction



# GRAPHISCHE DSLS FÜR MODELLGETRIEBENE SOFTWAREENTWICKLUNG

Markus Gerhart, Marko Boger



**Markus Gerhart**

Markus Gerhart hat erfolgreich den Bachelorstudiengang Wirtschafts-

informatik mit Schwerpunkt Softwareengineering an der HTWG Konstanz abgeschlossen. Anschließend absolvierte er das Masterstudium im Studiengang MSI mit dem Schwerpunkt Geschäftsprozesse und promoviert derzeit bei Herrn Prof. Dr. Marko Boger im Bereich modellgetriebene Softwareentwicklung.



**Prof. Dr. Marko Boger**

Marko Boger hat in Karlsruhe und Toulouse studiert und in Aachen und

Hamburg promoviert. Nach der Promotion hat er die Firma Gentleware gegründet, die im Bereich grafischer Modellierung führend tätig ist. Er war an der Standardisierung der UML 2 als Leiter einer Arbeitsgruppe aktiv beteiligt. Seit 2009 ist er Professor für Softwareengineering und Softwarearchitektur an der HTWG Konstanz.

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen der Förderlinie „FHprofUnt“ Kooperation von Fachhochschulen und Unternehmen.

## 1 EINLEITUNG

Seit Anbeginn der noch so jungen Wissenschaft der Informationsverarbeitung, der Informatik, sind wir bestrebt, das Abstraktionsniveau von Programmiersprachen dem menschlichen Denken anzugleichen. Dabei lag der Schwerpunkt bisher auf textuellen Programmiersprachen wie Assembler, Fortran, C, Java und Scala. Diese Sprachen bleiben für den Anwender der Software, den Domänenexperten, meist vollständig unverständlich. Eine erhebliche Annäherung zwischen Domänenexperten und der Software wurde durch grafische Sprachen wie UML und BPMN erzielt.

Solche graphischen Sprachen werden oft als Modellierungssprachen bezeichnet. Und die Ergebnisse ihrer Anwendung als Modelle. Diese Modelle sind formal und präzise genug, um in lauffähige Softwaresysteme umgewandelt zu werden, sind aber ebenfalls geeignet, um von einem Domänenanwender verstanden oder sogar entwickelt zu werden. Wir glauben, dass in Modellierungssprachen ein erhebliches Potential zur Steigerung der Produktivität in der Entwicklung von Softwaresystemen liegt.

Um dieses Potenzial intensiver nutzen zu können, benötigen wir Werkzeuge, die die Entwicklung solcher grafischen Sprachen vereinfacht und beschleunigt. Es hat sich gezeigt, dass eine universelle, einheitliche Sprache, wie etwa die UML, den breiten Anforderungen für diesen Zweck nicht gerecht werden kann. Es werden vielmehr domänenspezifische Modellierungssprachen benötigt, die den Domänenexperten entgegenkommen und ihnen ermöglicht, präzise die Abläufe, Abstraktionen oder Zustandsräume einer Domäne zu beschreiben. Diese Sprachen müssen

sowohl grafisch ansprechend und für den Menschen verständlich sein, als auch so semantisch und syntaktisch formal fundiert, dass aus den daraus entstehenden Modellen Software generiert werden kann. Dieser Ansatz wird häufig als modellgetriebene Softwareentwicklung oder im englischen als Model Driven Software Development (MDSD) bezeichnet.

An der HTWG wird im Forschungsprojekt ProGraMoF die effiziente Entwicklung solcher grafischer Modellierungssprachen und der dafür notwendigen Softwarewerkzeuge erforscht. Die Ergebnisse fließen unmittelbar in das Open Source Projekt Spray ein, ein Kooperationsprojekt zwischen Industrie und Wissenschaft, das von Prof. Dr. Marko Boger mitgegründet wurde. Zur Erstellung der grafischen Modellierungswerkzeuge werden die Techniken des MDSD intensiv angewandt, so dass große Teile des notwendigen Codes generiert werden und die Effizienz enorm hoch ist. In diesem Beitrag wollen wir den Entwicklungsprozess einer grafischen Modellierungssprache auf Basis von Spray kurz erläutern.

## 2 ENTWICKLUNG EINER GRAPHISCHEN DSL MIT SPRAY

Für die effektive Formulierung von Domänenwissen in einem grafischen Modell benötigt man einerseits eine grafische Modellierungssprache und andererseits ein Werkzeug, das es erlaubt, diese graphische Modellierungssprache auch zu erstellen. Das Spray-Projekt bietet eine elegante Möglichkeit, um grafische Modellierungssprachen formal zu definieren. Darüber hinaus kann Spray diese Definition auch verwenden, um einen voll funktionsfähigen grafischen Editor für diese Sprache zu erzeugen.

Als Basis zur Entwicklung eines grafischen Editors benötigt Spray vier Informationsquellen:

- 1. Das Metamodell (Diagramm-

Modell) definiert die Datenstruktur der neuen Modellierungssprache und wird mit Hilfe von Ecore ausgedrückt. Es definiert die Beziehungen, Verschachtelungen und Bedingungen zwischen den Elementen. Des Weiteren kann hierüber gesteuert werden, welche Beziehungen zwischen unterschiedlichen Modellelementen gestattet oder verboten sind.

- 2. Die grafische Repräsentation der Modellelemente wird mit der textuellen Beschreibungssprache Shape DSL ermöglicht. Mit dieser kann jegliche grafische Form in einer sehr kurzen und einfachen Weise beschrieben werden. Des Weiteren kann durch Angabe eines Styles (nächster Punkt) das Layout der Elemente angepasst werden.
- 3. Das Definieren von Layout-Eigenschaften der Modellelemente wird über die Style DSL bereitgestellt. Hierzu können unterschiedliche Attribute in einem Style definiert werden. Dieser Style wird wiederum von einem Element der Shape DSL verwendet.
- 4. Die Verknüpfung des Metamodells und der Shape-Definitionen wird über die Spray DSL ermöglicht. Zusätzlich werden generelle Eigenschaften des grafischen Editors, wie bspw. die Anordnung der Elemente in der Palette, definiert.

### 3 BEISPIEL: ROHRLEITUNGS- UND INSTRUMENTENFLIESSCHEMA EDITOR

In folgendem Beispiel wird Spray verwendet, um ein konkretes Modellierungstool für eine grafische Modellierungssprache zu entwickeln. Als Sprache wird ein Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Fließschema oder P&I) Editor, welcher ein konkreter Anwendungsfall in der Industrie darstellt, entwickelt. (Abb. 1)

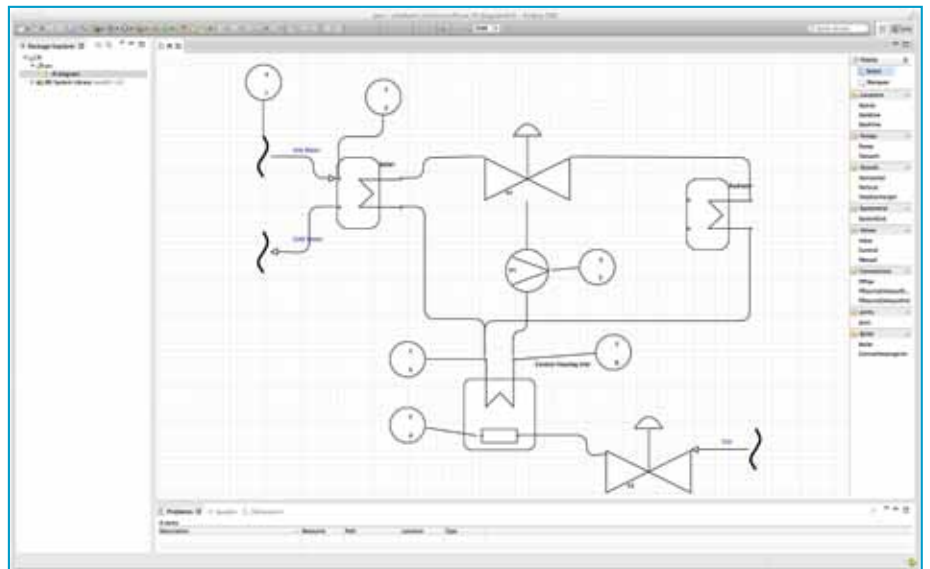


ABB. 1: R&I Editor

Es ist auch möglich, sehr komplexe Diagrammtypen wie das Prozessdiagramm der BPMN oder Aktivitätsdiagramme, Komponentendiagramme und Klassendiagramme der UML mit den gleichen Mechanismen abzubilden. Diese Diagrammtypen wurden bereits erfolgreich durch Spray erzeugt, erfordern jedoch einen Umfang, der die Grenzen dieses Beitrages zu sehr strapazieren würde.

Die Abbildung 2 zeigt das Metamodell, das dem R&I Editor zugrunde liegt.

Das Metamodell besteht aus mehreren EClasses, welche wiederum EAttribute beinhalten. Die EClass „PIModelElement“ nimmt dabei eine besondere Rolle ein, denn sie dient als Superklasse und Collection für die weiteren EClasses. Die Eigenschaften „name“ und „description“ werden an alle erbenden EClasses vererbt. Alle Modellelemente werden durch das Attribut „modelElements“ abgespeichert. Die Verbindungen benötigen zwei zusätzliche Attribute „fromElement“ und „toElement“, da eine Verbindung immer aus einem Ursprung und einem Ziel besteht. Die in dem PI-Model enthaltenen EClasses benötigen zur Darstellung eine gra-



ABB. 2: R&I Metamodell

fische Beschreibung. Dies ist durch die Shape DSL realisiert. In Abbildung 3 ist die Shape DSL und deren textueller Aufbau ersichtlich.

Es wird das Shape „PI\_Boiler“ exemplarisch vorgestellt. Die Unterscheidung, ob es sich um ein Shape oder eine Connection

```

shape PI_Vessel_Vertical {
  rounded-rectangle {
    size (width=120, height=60)
    curve (width=50, height=50)
    text style TextStyle {
      size (width=100, height=20)
      position (x=3, y=20)
      align (horizontal=center, vertical=middle)
      id = shapeName
    }
  }
}

shape PI_Boiler {
  rounded-rectangle {
    curve(width=30,height=30)
    position (x=0, y=0)
    size (width=60, height=100)
  }
  polyline {
    point (x=90, y=70)
    point (x=30, y=70)
    point (x=50, y=50)
    point (x=30, y=30)
    point (x=90, y=30)
  }
  text style TextStyle {
    position(x=60,y=0)
    size (width=100, height=20)
    id = shapeName
  }
  anchor {
    position (x=0, y=30)
    position (x=0, y=70)
    position (x=90, y=30)
    position (x=90, y=70)
  }
}

```

ABB. 3: R&I Shape DSL

handelt, wird mit dem Schlüsselwort „shape“ bzw. „connection“ beschrieben. Anschließend folgt der Name des Elements. Innerhalb des Elements kann zwischen unterschiedlichen vordefinierten Formen ausgewählt werden. Es stehen hierbei die geometrischen Darstellungen Rechteck, Rechteck mit abgerundeten Ecken, Kreis, Ellipse, Linie und Polylinie zur Verfügung. In diesem Beispiel wird das Rechteck mit abgerundeten Ecken verwendet, das eine Größe von 60 px in der Breite und 100 px in der Höhe hat. Die Rundung der Ecken erfolgt in einem Radius von 30 px in der Breite und der Höhe. Mittels der Position könnte das Shape zusätzlich verschoben werden, wenn mehr Abstand von links bzw. oben benötigt wird. In diesem Fall ist dies nicht nötig. Anschließend wird eine Linie mit mehreren Punkten gezeichnet. Ein Punkt einer Linie besteht immer aus einer X- und einer Y-Koordinate und eine Linie muss aus mindestens zwei Punkten bestehen. Daraufhin ist ein Textfeld platziert, welches um 60 px in der X-Koordinate verschoben ist und die Größe 100 px breit und 20 px

hoch besitzt. Abschließend werden Ankerpunkte definiert, an denen Verbindungen angedockt werden können. Ein Ankerpunkt besteht hierbei aus einer Position, die aus X- und einer Y-Koordinaten besteht.

Darstellungsvarianten der zuvor definierten Shapes können mit Hilfe der Style DSL angepasst werden. Hierdurch ist es möglich, ein einheitliches Corporate Design zu definieren und in allen entwickelten Diagrammen zu nutzen. In Abbildung 4 ist die Style DSL und deren Aufbau abgebildet.

```

style TextStyle {
  font-name = "Lucida Sans"
  font-size = 8
  font-color = blue
  background-color = transparent
}

gradient GreenToWhite {
  area(color=green, offset=0.0)
  area(color=white, offset=1.0)
}

gradient GreenToOrange {
  area(color=green, offset=0.0)
  area(color=orange, offset=1.0)
}

gradient GreenToYellow {
  area(color=green, offset=0.0)
  area(color=yellow, offset=1.0)
}

gradient GreenToRed {
  area(color=green, offset=0.0)
  area(color=red, offset=1.0)
}

```

ABB. 4: R&I Style DSL

Es wird hierbei ein „style“ und mehrere „gradients“ (Farbverläufe) über die gleichnamigen Schlüsselwörter definiert. Ein Style besitzt verschiedene Design-Attribute, die an den Aufbau von Cascading style sheets angelehnt sind. In diesem Beispiel wird ein Text-Style definiert, der die Schriftart „Lucida Sans“ in der Schriftgröße acht mit der Farbe Blau beschreibt. Gleichzeitig wird der Hintergrund der Schriftbox transparent gesetzt. Die Namen der Farbverläufe beschreiben in diesem Beispiel gleichzeitig den eigentlichen Farbverlauf. Ein Farbverlauf besteht aus Bereichen (areas). Diese wiederum bestehen aus einer Farbe (color) und einer Verschiebung (offset). Konkret auf den Farbver-

lauf „GreenToWhite“ bezogen bedeutet dies, dass dieser auf der Seite linken (offset = 0.0) Grün und auf der rechten Seite (offset = 1.0) Weiß ist. Hierdurch entsteht ein Farbverlauf von Grün zu Weiß über die gesamte Fläche. Es kann hierbei jegliche Konstellation von Farbverläufen definiert werden. Es gibt eine Vielzahl weiterer Design-Attribute, die zur persönlichen Anpassung des Layouts genutzt werden können.

Die Zentrale Einheit von Spray stellt die Spray DSL dar. Diese definiert die Grundsätzlichen Editor Eigenschaften sowie deren Verhalten. Des Weiteren bildet diese die Verknüpfung zu dem entwickelten Metamodell und den grafischen Repräsentationen (shapes) ab. In der nachfolgenden Abbildung ist der Aufbau der Spray DSL ersichtlich.

```

import PIModel.*

diagram Mypi for PIModelElement

class PIBoiler alias Boiler {
  shape PI_Boiler {
    name into shapeName
  }
  behavior {
    create into modelElements palette "Boiler"
  }
}

class PICentralHeatingUnit alias CentralHeatingUnit {
  shape PI_CentralHeatingUnit {
    name into shapeName
  }
  behavior {
    create into modelElements palette "Boiler"
  }
}

```

ABB. 5: R&I Spray DSL

Diese wird mit dem Schlüsselwort „diagram“ und dem Diagrammnamen eingeleitet, woraufhin das oberste Element aus dem entwickelten Metamodell folgt. In diesem Beispiel ist dies „PIModelElement“. Anschließend folgen die unterschiedlichen Elemente, die mit dem Schlüsselwort „class“ beginnen. Daraufhin folgt eine EClass (PIBoiler) aus dem Metamodell, welche durch einen Alias ergänzt werden kann. Der Alias ist die Bezeichnung, die im generierten Editor als Element-Bezeichnung genutzt wird. Daraufhin folgt das Schlüsselwort „shape“, wodurch die Verknüpfung zu

den definierten Formen abgebildet ist. Damit die Formenbezeichnung dynamisch in dem generierten Editor erfolgen kann, wird durch die Zeile „name into shapeName“ definiert, dass der Name der Form in dem Attribut „shapeName“, aus der Shape Definition, dargestellt wird. Die Sektion „behavior“ definiert das Verhalten der Elemente. Mit dem Schlüsselwort „create into“ wird gesteuert, in welchem Attribut die Elemente in dem Metamodell gespeichert werden. In diesem Beispiel ist das Attribut „modelElements“ Bestandteil der EClass „PIModelElement“. Anschließend wird über das Schlüsselwort „palette“ definiert, in welcher Gruppe im fertigen Editor die Form gruppiert wird. Dies entspricht aus Abbildung 1 dem rechten Bereich aus Abb. 1.

#### 4 FAZIT

Mit dem oben beschriebenen Framework können grafische DSLs in wenigen Schritten erzeugt werden. Durch die Angabe eines Metamodells in Ecore und 3 textuellen Modellen ist man in der Lage, mit geringem Aufwand einen Editor für diese DSL zu erzeugen. Dadurch ist es sehr effizient und kostengünstig möglich, den spezifischen Anforderungen der unterschiedlichen Anwendungsdomänen gerecht zu werden, ohne den Overhead der derzeit gängigen Notationssprachen wie UML oder BPMN mittragen zu müssen. Des Weiteren können spezifische Anpassungen, die nicht durch die entwickelten Sprachen abgedeckt sind, ohne Probleme in

dem Generat ergänzt werden. In dem vorgestellten Beispiel wurde ein Editor für ein Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema erstellt. Das gleiche Verfahren wurde angewandt, um einen BPMN-Editor sowie große Teile der UML-Diagrammtypen abzubilden. Weitere Editoren wurden in Projekten bereits realisiert.

#### REFERENZEN

[1] Spray. <https://code.google.com/a/eclipselabs.org/p/spray/>

# Aptar

Radolfzell



## START YOUR CAREER

Wir brauchen Sie.



Als einer der weltweit führenden Hersteller von mechanischen Sprüh- und Dosiersystemen für die pharmazeutische Industrie sind wir mit unseren Produkten auf allen Kontinenten vertreten. Das verdanken wir der Innovationskraft und Erfahrung unserer über 600 Mitarbeiter. Steigen Sie bei uns ein und auf – an unseren Standorten Radolfzell und Eigeltingen.

Wir freuen uns über Ihre aussagekräftige Initiativbewerbung per Post oder E-Mail in einer pdf-Datei an: [karriere.rdl@aptar.com](mailto:karriere.rdl@aptar.com). Für Fragen stehen wir Ihnen unter Tel. 07732/801-0 gerne zur Verfügung.

Wir sind ein Mitglied der Aptargroup.

Aptar Radolfzell GmbH | Öschlestraße 54-56 | 78315 Radolfzell | [www.aptar.com](http://www.aptar.com)



## AUSWIRKUNGEN VON NIEDRIGWASSER-EREIGNISSEN AUF WIRTSCHAFT UND BINNENSCHIFFFAHRT

Benno Rothstein, Anja Scholten



**Prof. Dr. Benno Rothstein**

hat seit dem WS 2012/13 die Professur für Geowissenschaftliches Ressourcenmanagement an der Fakultät Bauingenieurwesen der HTWG Konstanz inne. Zuvor war der Geowissenschaftler knapp fünf Jahre Professor für Ressourcenökonomie an der Hochschule für Forstwirtschaft in Rottenburg. Dort war er u.a. Leiter des Studiengangs BioEnergie. Prof. Rothstein hat an der Universität Würzburg in der Geographie zum Thema „Elektrizitätswirtschaft als Betroffene des Klimawandels“ habilitiert. Nach seinem Studium der Umweltwissenschaften und der Promotion in den Geowissenschaften an der Universität Trier war er beim Verein Deutscher Ingenieure (VDI) in Düsseldorf sowie beim Europäischen Institut für Energieforschung (EIFER) in Karlsruhe beschäftigt.



**Dr. Anja Scholten**

ist seit diesem Jahr an der HTWG Konstanz im Rahmen des KLIWAS Projekts beschäftigt. Die Zusammenarbeit mit Herrn Rothstein und dem KLIWAS Projekt besteht jedoch schon seit 2007. Zuvor hat sie im Anschluss an ihr Studium der Meteorologie in Bonn am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH gearbeitet.

### – einige Ergebnisse aus dem Teilprojekt „Verladende Wirtschaft“ innerhalb des vom BMVBS geförderten KLIWAS-Projekt 4.01 „Hydrologie und Binnenschifffahrt“ –

Der Rhein ist mit einem Anteil von etwa 80 % des gesamten deutschen Binnenschiffstransports die wichtigste Binnenwasserstraße Deutschlands. Entlang des Flusses haben sich in den letzten Jahrhunderten massengutaffine Industriebranchen niedergelassen, die den Rhein als leistungsfähigen und preiswerten Transportweg nutzen, so z.B. die Chemie-, Stahl- und Metallindustrie sowie die Energiewirtschaft mit ihren (Steinkohle-)Kraftwerken. So divers diese verladende Wirtschaft auch ist, so eint sie die Gemeinsamkeit, dass ihre Unternehmen auf einen günstigen und zuverlässigen Transport von Massengütern (z.B. chemische Vorprodukte, Erze, Steinkohle) angewiesen sind. Wie viele deutsche Flüsse werden auch der Rhein und somit gleichfalls seine Binnenschifffahrt

sowie die verladende Wirtschaft von den Folgen des Klimawandels betroffen sein.

Im Rahmen des vom Bundesverkehrsministerium (BMVBS) geförderten KLIWAS-Projekts 4.01 „Hydrologie und Binnenschifffahrt“ wird die Betroffenheit der massengutaffinen Wirtschaft entlang des Rheins und der Elbe durch Niedrigwasser analysiert. Der hierfür gewählte Untersuchungsansatz ist (anders als in den meisten anderen Analysen, die volkswirtschaftliche Modelle verwenden) unternehmensbasiert. In volkswirtschaftlichen Modellen bleiben konkrete, branchen- und unternehmensspezifische Informationen zu den Auswirkungen von Niedrigwasser sowie die Handlungsoptionen der Unternehmen während Niedrigwasserperioden („Anpassungsmaßnahmen“) meist unberücksichtigt. Diese Lücke wird mit dem vorliegenden Projekt geschlossen. Daher liegen die Schwerpunkte dieses Teilprojektes zum einen auf der Schaffung einer



Binnenschiffe während Niedrigwasser (Rhein)  
(oben und unten links: bei Oberwesel; rechts unten: bei Kaub; alle Fotos: Mai 2011); Quelle: eigene Fotos

belastbaren Datengrundlage zu den unternehmerischen Auswirkungen von und den Handlungsmöglichkeiten bei Niedrigwassersituationen. Zum anderen wird diese Datengrundlage genutzt, um Anpassungsoptionen zu identifizieren und deren Nutzen zu quantifizieren.

Um die Auswirkungen von Niedrigwasser auf die verladende Wirtschaft möglichst detailliert zu erfassen, wurde ein Fragebogen entwickelt, der sowohl generelle Unternehmensdaten wie die Mitarbeiterzahl und die Transportmengen beinhaltet, als auch Fragen zur bevorzugten Schiffsgröße, Lagerkapazität und Wahrnehmung der Betroffenheit. Gleichzeitig wurden Expertengespräche mit Schlüsselpersonen aus den verschiedenen betroffenen Bereichen geführt. Zu den befragten Fachleuten gehörten dabei sowohl Vertreter der beeinträchtigten Wirtschaftszweige, als auch der Binnenschifffahrt, der Häfen, Interessensverbände und Wissenschaft.

Basierend auf den Expertengesprächen und der Unternehmensbefragung konnte das in Abb. 1 dargestellte Schema der Mechanismen bei Niedrigwasser erstellt werden: In Folge niedriger Pegelstände (und damit sinkender Fahrrinnentiefe) sinkt die Transportkapazität der Binnenschiffe, wobei die Intensität der Beeinträchtigung unter anderem vom Schiffstyp abhängig ist. Während die Transportkapazität der einzelnen Binnenschiffe sinkt, bleibt der Transportbedarf der Unternehmen im Wesentlichen gleich. Um diesem gerecht zu werden, müssen die Unternehmen unter anderem zusätzliche Schiffe einsetzen. Da jedoch nur relativ wenig freier Schiffsraum zur Verfügung steht, steigen durch die zunehmende Nachfrage und die zu zahlenden Kleinwasserzuschläge die Transportkosten für die Unternehmen.

Die zur Verfügung stehende (freie) Schiffskapazität reicht jedoch nicht (immer) aus, um den Transportbedarf der Unternehmen zu decken. Um dies auszu-

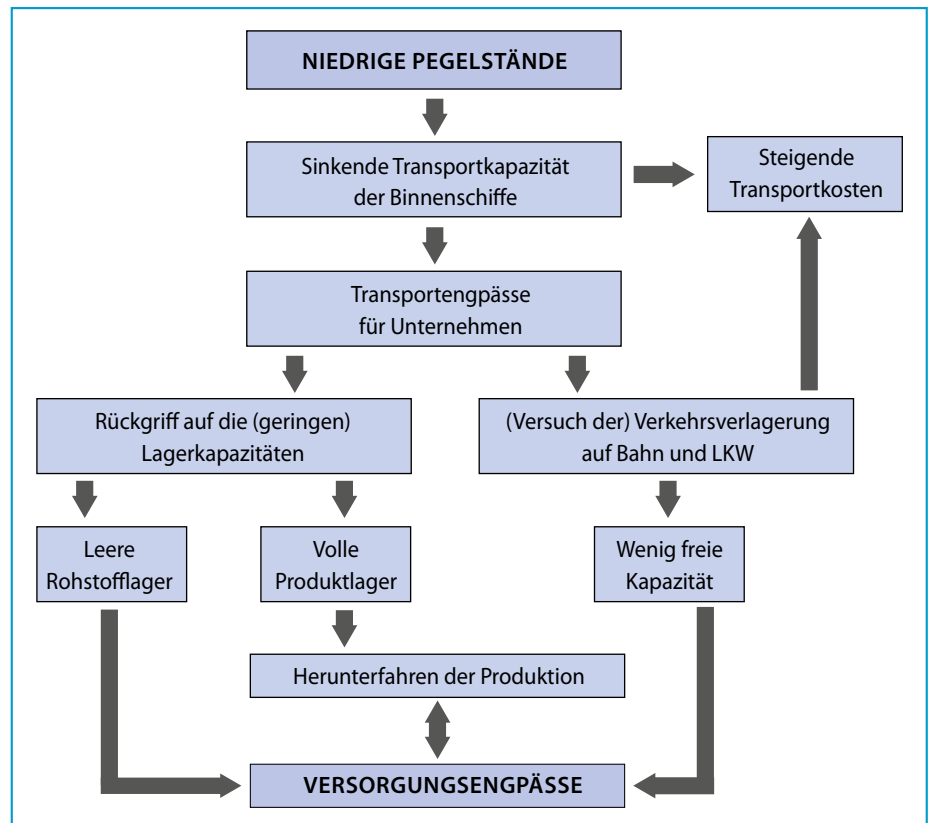


ABB. 1: Auswirkungen von Niedrigwasser auf Unternehmen; Quelle: Scholten & Rothstein 2009

gleichen, verlagern die Unternehmen zum einen, abhängig von der zur Verfügung stehenden Infrastruktur, Teilmengen auf andere Verkehrsträger wie Bahn oder LKW. Diese wiesen in der Vergangenheit jedoch ebenfalls nur geringe freie Kapazitäten auf (BAG 2007). Zum anderen greifen die Unternehmen auf ihre (oft geringen) Lagerbestände zurück, um die Produktion aufrecht zu erhalten. Durch die beschriebenen Transporteinschränkungen kommt es in der Folge unter Umständen – je nach Lagerkapazität – zu leeren Rohstoff- und/oder vollen Produktlagern. Im ungünstigsten Fall kommt es zu Versorgungsengpässen und schließlich zum Herunterfahren der Produktion.

Einerseits wird die Niedrigwasserproblematik verschärft durch eine geänderte Flottenstruktur (steigende Schiffsgrößen), einen insgesamt steigenden Transportbe-

darf (globale Arbeitsteilung), durch das saisonale Transportaufkommen einiger Güter (z.B. Agrarprodukte) und eine Verschiebung und Intensivierung der Niedrigwasserperioden, ein zeitliches Zusammentreffen des Transportmaximums mit niedrigen Wasserständen, eine starke Verflechtung verschiedener Unternehmen an einem Standort (z.B. Chemparks) sowie durch Kettenreaktionen bei Transportengpässen.

Andererseits steht den massengutaffinen Branchen ein breites Instrumentarium zur Verfügung, um mit Niedrigwassersituation umzugehen. Die Tabelle 1 zeigt am Beispiel der Elektrizitätswirtschaft einige konkrete Anpassungsmaßnahmen, die den Kraftwerksbetrieb im Falle eingeschränkter Schiffstransportmöglichkeiten für Steinkohle kontinuierlich und zuverlässig gewährleisten. Die meisten Handlungsweisen wären sicherlich auch

Anpassungsoptionen	Praxisbeispiel (falls vorhanden)
Vergrößerung der Kohlelagermengen (Haldenkapazität) am (Stein-) Kohlekraftwerksstandort	Rheinhafen-Dampfkraftwerk Karlsruhe (Rhein)
Einrichtung von Pufferlagern an Kraftwerksstandorten für benachbarte Kraftwerke	Kohlehalde des Kohlekraftwerks Gaisburg dient als Puffer für Kraftwerk Münster (Neckar)
Einrichtung von Außenlagern für Steinkohle, die sich durch gute Kohletransportmöglichkeiten per Binnenschiff auszeichnen (inklusive Verlademöglichkeit von Schiff auf Zug)	Außenlager in Duisburg-Orsoy (Rhein)
Einführung von gestaffelten Kleinwasserzuschlägen auf der Basis neuer Binnenschiffe (anstatt einer Stufe auf Basis alter Schiffe), um Transportanreize zu schaffen	
Abschließen von mehrjährigen (anstatt einjährigen) Verträgen mit Reedereien, um beiderseitige (Reederei und Elektrizitätsunternehmen) Planungssicherheit zu erhöhen	
Gleichzeitiger Gleis- und Hafenanschluss am Kraftwerksstandort, um Steinkohle per Bahn und Binnenschiff angeliefert bekommen zu können	Rheinhafen-Dampfkraftwerk Karlsruhe (Rhein)
Abschließen von mehrjährigen Verträgen über Kohletransportkontingente zu festen Bezugskonditionen mit der Bahn (anstelle kurzfristiger Transportaufträge)	
Anschaffen von eigenen Waggonen und Ausschreibung von Transportaufträgen für Lokomotiven	
Gemeinsamer Bau und Betrieb eines Kraftwerks an Standorten, die sich durch vergleichsweise bessere Kohletransportmöglichkeiten per Binnenschiff auszeichnen (Vermeidung von aufwändigem Transport von Kohle; stattdessen: Stromliefervertrag)	Kohlekraftwerk Walsum bei Duisburg (Rhein) (Koooperation zwischen STEAG und EnBW)

TABELLE 1: Übersicht von Anpassungsoptionen der Elektrizitätswirtschaft in Bezug auf eingeschränkte Kohletransportmöglichkeiten der Binnenschifffahrt; Quelle: Rothstein 2007, verändert

ohne möglicherweise klimawandelbedingte Einschränkungen der Binnenschifffahrt ökonomisch sinnvoll. Ab wann solche Maßnahmen zur Optimierung der Brennstofflogistik als reine Anpassung an den Klimawandel zu sehen sind oder etwa der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit in einem liberalisierten Strommarkt

dienen, kann nicht immer eindeutig beantwortet werden. Gleiches gilt auch für viele andere Branchen.

Im Rahmen des Teilprojektes wurde ein Vulnerabilitätsindex entwickelt, der unter anderem die Möglichkeit bietet, die klimawandelbedingte Verwundbarkeit in Bezug auf Niedrigwasser von verschiedenen, un-

terschiedlich aufgebauten Unternehmen und Branchen sowie unterschiedlichen Flussabschnitte miteinander zu vergleichen. Zudem lassen sich die Auswirkungen möglicher Anpassungsmaßnahmen auf die Vulnerabilität der Unternehmen (einfacher) abschätzen. Es hat sich gezeigt, dass die Vulnerabilität der Unternehmen ge-

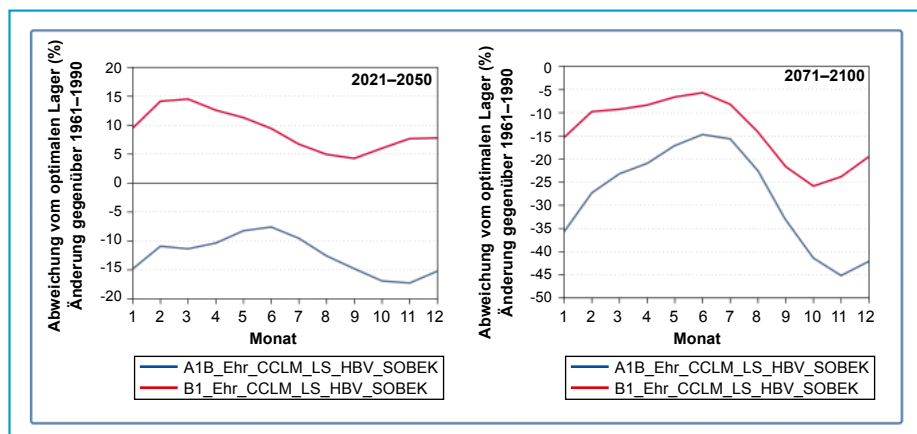


ABB. 2: Abweichung von der optimalen Lagerhaltung: Änderungen gegenüber 1961–1990 basierend auf zwei Abflussszenarien gemittelt für Unternehmen mit Bevorzugung der Schiffsgröße 3.000 t. Szenario „Keine Anpassung“; Quelle: Holtmann et al. 2012

genüber sich ändernder Fahrrinnenbedingungen sehr stark von ihren individuellen Strukturen wie der vorhandenen Lagerkapazität, der bevorzugten Schiffsgröße und dem Anteil der Binnenschifffahrt am Gesamttransport abhängt.

In Abbildung 2 ist die prozentuale Abweichung von der optimalen Lagerhaltung als Änderung gegenüber der Referenzperiode 1961–1990 exemplarisch für die Verladegruppe mit einer bevorzugten Schiffsgröße über 3.000 t dargestellt.

Für die „nahe Zukunft“ (2021–2050) scheint die Abweichung von der optimalen Lagerhaltung moderat. Die beiden Abflussszenarien führen hier zu einer Spanne von  $\pm 15\%$  mit leichten Schwankungen im mittleren Jahresgang. Für die „ferne Zukunft“ (2071–2100) hingegen zeigt die Bandbreite der Szenarien eine Abweichung in negativer Richtung zwischen  $-5\%$  und  $-45\%$ , wobei die Abweichungen in der ersten Jahreshälfte bzw. der Mitte des Jahres am geringsten sind und die deutlichsten Abweichungen im Herbst auftreten.

In weiteren Auswertungen (hier nicht dargestellt) wird die Wirkung von Anpassungsszenarien in die Betrachtung einbezogen. Aufgrund der begrenzten Datenlage ist dies nur für einzelne Unternehmen

möglich. Die Berechnungen zeigen, dass Maßnahmen wie sie etwa im Niedrigwasserjahr 2003 getroffen wurden, die Betroffenheit der jeweiligen Unternehmen deutlich abdämpfen, sie jedoch, je nach Szenario, nicht vollständig kompensieren können. Vor allem die zunehmende Saisonalität stellt dabei eine Herausforderung dar, da Maßnahmen, die die steigende Vulnerabilität im Herbst kompensieren, zu einer Überkompensation im Frühjahr führen. Um diese Problematik zu lösen sind sowohl kombinierte Maßnahmen als auch weitere Innovationen in Form von operativen und investiven Maßnahmen (Ausstattung von Schiffen, Continue-Betrieb) nötig. Im Folgenden werden die wichtigsten Kernbotschaften, gesammelten Erfahrungen sowie die politischen Orientierungshilfen des Teilprojektes zusammengefasst. In der Monographie „Auswirkungen von Niedrigwasser und Klimawandel auf die verladende Wirtschaft, Binnenschifffahrt und Häfen entlang des Rheins“ (Abb. 3) lassen sich die einzelnen Untersuchungen des Teilprojektes zum Rhein detailliert nachlesen. Derzeit werden die angestellten Berechnungen von Unternehmen am Rhein auf Unternehmen an der Elbe übertragen.

#### Kernbotschaften:

- Die Binnenschifffahrt ist ein wichtiger und (vor allem auch in Zukunft)

unverzichtbarer Verkehrsträger für Massengutaffine Unternehmen (Ausbaukapazitäten vs. begrenzte Kapazitäten bei Bahn und LKW).

- Der Trend zu größeren Schiffen verschärft die Beeinträchtigungen der Binnenschifffahrt bei Niedrigwasser.
- Die Vulnerabilität der Unternehmen gegenüber Niedrigwasser wird durch viele individuelle Faktoren beeinflusst (Lagerkapazität, bevorzugte Schiffsgröße, Monate des maximalen Transportbedarfs...). Dementsprechend müssen auch Anpassungsmaßnahmen (bzw. die Mischung derselben) unternehmens- und standortspezifisch sein.
- Vor allem nach 2050 steigt die Vulnerabilität der Unternehmen (ohne Anpassungsmaßnahmen).
- Es besteht die Möglichkeit, durch einzelne oder kombinierte Anpassungsmaßnahmen die Vulnerabilität der Unternehmen auf das Niveau von 1961–1990 zu senken.
- Die saisonale Ausprägung der Änderungen der Vulnerabilität (nur geringe Änderung in der ersten Jahreshälfte, deutlichere Zunahme im Spätsommer und Herbst) erfordert entweder eine Überkompensation der Auswirkungen des Klimawandels in der ersten Jahreshälfte oder variable/saisonale Lösungen.

#### Gesammelte Erfahrungen:

- Es bestehen große, nicht in Modellen erfassbare/darstellbare Unterschiede zwischen Theorie und der Tag-zu-Tag Realität in Unternehmen (Infrastruktur, Organisation, „Human factor“).
- Unterschiede bei der Verwendung einiger Fachtermini in den diversen (aber durchaus verwandten) Disziplinen erschweren die Abstimmung (z.B. Szenario, Wasserstand).
- Eine Erweiterung der Modellkette um die Kapazitäten (und, wenn



möglich, den Transport) auf Straße und Schiene wäre sinnvoll.

- Arbeitsmarkteffekte (z.B. durch Standortverlagerung) sind auf Grund der Komplexität nicht vollständig erfassbar (z.B. durch Überlagerung mit Wirtschaftsentwicklung).

#### Politische Orientierungshilfe:

- Die Binnenschifffahrt ist ein wichtiger und (vor allem auch in Zukunft) unverzichtbarer Verkehrsträger für die Unternehmen (Ausbaukapazitäten vs. begrenzte Kapazitäten bei Bahn und LKW).
- Der Massenguttransport per Binnenschiff ist ein komplexes System, das (nur) durch kombinierte Anpassungsmaßnahmen in den verschiedenen Bereichen (Schifffahrt, Hafen, Unternehmen, Wasserbau) sinnvoll an den Klimawandel angepasst werden kann.
- Unterstützung der Unternehmen und Binnenschiffer ist auf vielfache Art notwendig (Öffentlichkeitsarbeit, Unterstützung/Erläuterung der Anpassungsmaßnahmen (z.B. Anhalten der Banken, auch kleinere Schiffseinheiten (wieder) zu finanzieren, Berücksichtigung vergrößerter Lagerkapazitäten bei der Raumplanung)).

tagungsband\_\_oktober\_\_2011\_\_berlin,emplateld=raw,property=publicationFile.pdf/tagungsband\_oktober\_2011\_berlin.pdf

[2] Rothstein, B. (2007): Elektrizitätswirtschaft als Betroffene des Klimawandels – Eine Identifikation von Betroffenheiten und Ansätze zur Anpassung an den Klimawandel dargestellt am Beispiel der Energieunternehmen EnBW und EDF. Habilitation Universität Würzburg. 398 S.

[3] Scholten, A.; Rothstein, B. (2009): Kritische Einflussgrößen für die massengutaffine Wirtschaft. Tagungsband KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland, 1. Statuskonferenz am 18./19.03.2009 im BMVBS. Weißensee Verlag, Bonn. 84-89. Internetlink: [http://www.kliwas.de/cIn\\_032/nn\\_526110/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/tagungsband\\_\\_maerz09\\_\\_bn,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/tagungsband\\_maerz09\\_bn.pdf](http://www.kliwas.de/cIn_032/nn_526110/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/tagungsband__maerz09__bn,templateld=raw,property=publicationFile.pdf/tagungsband_maerz09_bn.pdf)

[4] Scholten, A.; Rothstein, B. (2012): Auswirkungen von Niedrigwasser und Klimawandel auf die verladende Wirtschaft, Binnenschifffahrt und Häfen entlang des Rheins – Untersuchungen zur gegenwärtigen und zukünftigen Vulnerabilität durch Niedrigwasser. Würzburger Geographische Arbeiten. 107. 376 S. Würzburg. ISSN 0510-9833



ABB. 3: Scholten, A.; Rothstein, B.: Auswirkungen von Niedrigwasser und Klimawandel auf die verladende Wirtschaft, Binnenschifffahrt und Häfen entlang des Rheins – Untersuchungen zur gegenwärtigen und zukünftigen Vulnerabilität durch Niedrigwasser. 376 Seiten. Würzburg 2012. ISSN 0510-9833

Preis 30,- Euro  
Bezug über den Buchhandel oder direkt bei:  
Institut für Geographie und Geologie der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
– Würzburger Geographische Arbeiten –  
Am Hubland  
D-97074 Würzburg  
E-Mail: [geographie@uni-wuerzburg.de](mailto:geographie@uni-wuerzburg.de)  
URL: [http://www.geographie.uni-wuerzburg.de/schriftenreihen/wuerzburger\\_geographische\\_arbeiten/](http://www.geographie.uni-wuerzburg.de/schriftenreihen/wuerzburger_geographische_arbeiten/)

Die Verfasser bedanken sich beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung für die finanzielle Förderung. Ebenso bedanken sich die Verfasser bei den Projektpartnern Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz, Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg sowie beim Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme in Duisburg für die sehr angenehme, konstruktive und gewinnbringende Zusammenarbeit.

#### LITERATUR

[1] Holtmann, B.; Scholten, A.; Baumhauer, R.; Rothstein, B.; Gründer, D.; Renner, V.; Nilsson, E. (2012): Analysen zur Betroffenheit der Binnenschifffahrt und der Wirtschaft am Rhein. Tagungsband KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland, 2. Statuskonferenz am 25./26.10.2011. Weißensee Verlag, Bonn. 64–70. ISBN 978-3-940247-04-9. Internetlink: [http://www.kliwas.de/cIn\\_032/nn\\_843726/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/](http://www.kliwas.de/cIn_032/nn_843726/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/)

A large graphic on a red background shows three black arrows diverging from a single point. A red sphere is positioned at the base of the arrows, resembling a ball being kicked or a magnet attracting objects.

## Bei Kendrion führen viele Wege zum Erfolg

Als innovatives, international aktives Unternehmen sind motivierte und qualifizierte Mitarbeiter die Basis unseres Erfolges. Durch die enge Zusammenarbeit mit Hochschulen bieten wir vor allem jungen Menschen vielseitige und interessante Aufgaben mit Zukunftsperspektive. Sie sind engagiert, haben Teamgeist und

### Lust auf eine Herausforderung?

#### Abschlussarbeiten

Wir bieten Ihnen die Möglichkeit, interessante Themen im technischen, ingenieurwissenschaftlichen oder betriebswirtschaftlichen Bereich zu bearbeiten. Fragen Sie in unserer Personalabteilung nach aktuellen Themen. Sie haben eigene Themenvorschläge? Ihre Bewerbung ist bei uns willkommen – gerne können wir über Ihre Vorschläge sprechen.

#### Praxissemester

Bei uns können Sie Ihre theoretischen Kenntnisse in die Praxis umsetzen. Sie arbeiten in verschiedenen Projekt-Teams mit und lösen Aufgabenstellungen eigenverantwortlich.

#### Werkstudententätigkeiten

Mehr Praxisbezug im Studienalltag lautet hier die Devise! Viele

Studenten legen den Grundstein für Ihre berufliche Zukunft durch eine Werkstudententätigkeit.

### Nutzen Sie diese Gelegenheit!

#### Unser Angebot – Ihr Nutzen

Sie bieten uns die Möglichkeit, Ihr Potenzial aufzudecken. Wir stellen Ihnen unser Know-how zur Verfügung und bieten Ihnen die Gelegenheit, Ihre Fähigkeiten und Kenntnisse unter Beweis zu stellen.

#### Interessiert?

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbungsunterlagen.

Kendrion (Villingen) GmbH ■ Sabrina Schumacher  
Wilhelm-Binder-Straße 4 ■ 78048 Villingen-Schwenningen  
Telefon: +49 7721 877-1238  
[www.kendrion.com](http://www.kendrion.com) ■ [career.villingen@kendrion.com](mailto:career.villingen@kendrion.com)

Kendrion LINNIG GmbH ■ Matthias Gesell  
Riedheimer Straße 5 ■ 88677 Markdorf  
Telefon: +49 7544 964-218  
[www.kendrion.com](http://www.kendrion.com) ■ [career.markdorf@kendrion.com](mailto:career.markdorf@kendrion.com)

# STRATEGIC GROWTH STRATEGIES FOR TECHNOLOGY-BASED SMES – NEW BUSINESS DEVELOPMENT WITH SEMI-AUTONOMOUS ENTREPRENEUR-TEAMS

*Guido Baltes, Jérôme Gard*



**Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kaufm.  
Guido H. Baltes**

*Prof. Dr.-Ing Guido Baltes  
ist als Direktor des Instituts*

*für strategische Innovation und Technologie-  
management (IST) an der Hochschule Konstanz  
Experte für Strategic Innovation, Dynamische  
Fähigkeiten, Ambidextrie & Corporate Entre-  
preneurship. Seine aktuelle Forschung konzen-  
triert sich auf Innovations- und Veränderungs-  
fähigkeiten von Unternehmen, beispielsweise  
Herausforderungen in der Organisation und  
Führung von Entrepreneur-Teams zum Aufbau  
neuer, innovativer Geschäftsfelder im beste-  
henden Unternehmensumfeld. Er unterstützt  
Unternehmen in strategischer Transition und  
bei der Umsetzung innovationsorientierter  
Wachstumsstrategien.*



**Jérôme Gard**

*Jérôme Gard ist wissen-  
schaftlicher Mitarbeiter an  
der Hochschule Konstanz*

*und Doktorand an der Universität Leiden (NL).  
Sein Promotionsstudium wird im Rahmen der  
europäischen Graduate-School NITIM geführt.  
Er hält Abschlüsse als Ingenieur und Master im  
Wirtschaftsingenieurwesen. Seine Forschung  
fokussiert auf das Management organisationaler  
Fähigkeiten im Bereich von Corporate  
Entrepreneurship und organisationaler  
Ambidextrie.*

## 1 INTRODUCTION

The question of how established SMEs create new businesses shaped its own body of literature over the last decades and is known as corporate entrepreneurship research (CE). Scholars in this field share the idea that the organizational ability to continuously create new businesses enables firms to strategically adapt to changing environmental conditions thus achieving sustainable competitive advantage. One successful way to develop new businesses is to establish internal business development teams. These teams are semi-autonomous in their nature because they act like autonomous start-ups but are simultaneously integrated in, supported by and controlled through an established firm.

The guiding question for managers is how these teams can be managed as they have needs distinct from the rest of the organization. Particularly at an early business development stage, these teams may have a vision where to go but may have only a rough idea how to get there. They develop the new business through market interaction and experimental activities for developing the business. This ‘pivoting’ approach is regarded as a successful way for managing new business development (Sarasvathy & Venkataraman, 2011) but is perceived as inadequate for established businesses because it is hard to control and traditionally perceived as inefficient (Ansoff, 1967). The major challenge is thus for executive managers to establish an adequate level of autonomy that enables pivoting without losing control over business development activities.

The article presents a sensitizing study revealing the influence of autonomy on the ability of internal venture teams to develop a new business. Our research contributes further to theory as it has been recently criticized that the factors determining the semi-autonomous

nature of these teams remains ambiguous (Lumpkin, Cogliser, & Schneider, 2009). A deeper understanding of these factors enables managers to balance autonomy. We therefore present two case studies which provide an in-depth exploration of the autonomy factors. Following the approach of grounded theory, we analyze the data and discuss the characteristics and the influence of observed autonomy factors. These findings are concluded in a four-dimensional conceptual framework of autonomy for new business development teams before we derive recommendations for future research and practitioners.

## 2 THEORETICAL DISCUSSION – AUTONOMY IN CORPORATE ENTREPRENEURSHIP

New business development inheres entrepreneurial behavior that requires „freeing individuals to operate outside of an organization’s existing norms and constraints where they can think and act more independently“ (Lumpkin et al., 2009). The autonomy factors determining the freedom of internal venture teams remain however ambiguous (Lumpkin et al., 2009). A comprehensive literature review is provided to highlight four relevant autonomy factors discussed in related scientific disciplines (figure 1).

First, functional autonomous venture teams have been identified in large multinational corporations (Hill & Hlavacek, 1972). These teams cover relevant functional expertise through team members. There is, however, no consensus as to whether functional autonomy has a positive impact on successful business development (Newbury & Zeira, 1999). Second, decision autonomy is related to the concept of decentralized decision structures which enables lower level managers to make decisions without approval (Burns & Stalker, 1961). It has been found that decision autonomy increases the flexibility of adapting to volatile market

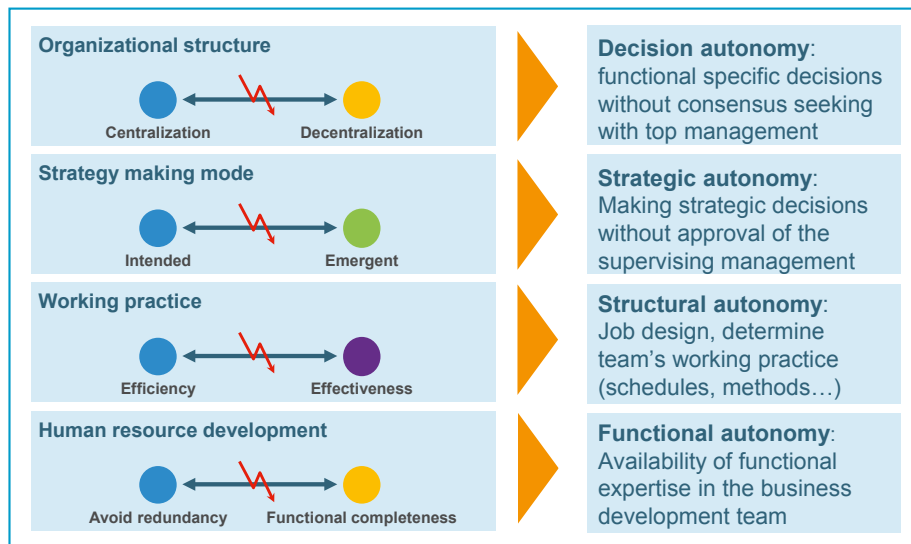


FIG. 1: Four relevant autonomy factors

parameters (Block, 1989; Dougherty, 1995). Teams enjoying decision autonomy show increased learning effectiveness (McGrath, 2001) but simultaneously face increased risk of failure (Gebert, Boerner, & Lanwehr, 2003). Third, strategic autonomy is defined as the authority of the lower level managers to guide the strategic direction of the new business without approval (Andersen, 2000). It is argued that new business strategy emerges from managerial grassroots level (Bower, 1986; Mintzberg, 1973) and is found to increase a firm's performance in volatile environments (Andersen, 2004). Fourth, structural autonomy is defined as one important feature determining job design that influences the behaviour of employees (Hackman & Oldham, 1975). It is shown that structural autonomy enables employees to try something new (potentially more useful) and break out of established routines, procedures and norms (Shalley & Gilson, 2004); which is a capacity supporting innovation that is required for new business development (Kanter, 1989).

### 3 CASE STUDIES

#### 3.1 Solar-Company (Company A)

The case study refers to a medium-

sized company in the photovoltaic industry (PV-Industry). Despite the consolidation and fierce price competition in the PV-Industry, the company was able to generate continuous growth by continuously developing new businesses. Several new businesses have been developed since the company was founded in 1999. The following is an in-depth description of one successful business development.

Founded in 1999, Company A had high knowledge related to production processes for PV cells and modules resulting from university research. The business was based on production process consultancy. This consultancy was later combined with sales of quality measurement equipment. A partner was identified providing this equipment. Cooperation between the firms enabled the combination of the process knowledge of Company A with the hardware knowledge of the partner. Company A acted as a representative and received sales commission, whereas the partner signed the contracts and provided the equipment.

The interviewee (physicist) became more and more involved in business development activities. Based on his

sales activities, he recognized that the customer's knowledge in relation to quality management equipment was low. This was also the case for third-party equipment (e.g. scales or microscopes). He perceived this as a business opportunity and developed the business idea to combine Company A's process know-how with market available equipment in order to offer a turnkey package. This package included the equipment, service and operational training required for the equipment. He initiated and coordinated several activities for developing this new business. First, a marketing concept and differentiated standard packages were developed. Second, contracts were then signed with the different manufacturers of the equipment. Third, a training concept for the end-customers was developed and a team was built to train end-customers and provide service. Activities were supervised by the interviewee and conducted by a cross-functional team.

Based on the argument that the customer requires turnkey offering (mix of product, consultancy, service and training) which only Company A could offer, the authority for signing the contracts was transferred from the partner to Company A. Thereby Company A was put in the position to establish relationships with customers based on intensified interaction (e.g. conducted training and provided service). This enabled Company A to reach a new customer group (PV turnkey manufacturers) and establish a sort of temporary monopoly in this market segment, leading to contracts with each single turnkey manufacturer in Germany. Sales as well as sales margins increased significantly. In 2006 the demand for turnkey solutions decreased in Europe and simultaneously increased in Asia. Turnkey manufacturers entered the Asian markets and the interviewee recognized this development as the opportunity to enter the Asian market. The interviewee developed a quality measurement bundle

(e.g. providing the equipment, consultancy, training and service) positioning Company A as an implementation partner for turnkey manufacturers. First projects were conducted in Taiwan with a small experienced team. „This team was the nucleus for the sales and service organization that was built later on“.

The interviewee engaged in sales activities in Asia and was able to sign contracts for follow-up projects as well as projects with new customers without the support of the turnkey manufacturers. Retrospectively, the interviewee stated „we would have never managed to enter the Asian markets without the turnkey partners. We had not even been present at a single trade fair“. Sales increased significantly in 2006, local employees (Asia) were hired and trained to manage the increasing number of projects. Later, this team expanded into a new sales and service organization. Moreover, the interviewee realized that their customers utilized the trademark „Made in Germany“ of the sold equipment as a marketing aspect. He decided that a unique products design, highlighting the German brand, would be helpful. Therefore, the redesign of hardware, the web-page, brochures, sales presentations and so forth was initiated.

In line with that, several millions of Euros were invested in own product development with a forerun of 1–2 years. Software development was the core activity of the hired engineers whereas the production of hardware was outsourced. In 2010, the development department was comprised of more than 20 engineers. In product development, it was decided to develop equipment for high quality production processes instead of high quantity production processes. Years later, this anticipation of market demand became a reality as was seen in 2011 when high-end modules achieved at least a 50 % higher price than average modules.

Well in time with the crisis hitting the photovoltaic industry in 2008–2009, production of market-ready equipment started which led to sales increase by leveraging the increasingly internationalized customer base. High sales rates in combination with significantly increased sales margins determined the company's growth. In the same time when many companies in the PV industry struggled, Company A grew from around 20 employees in 2005 to 130 employees in 2010.

### 3.2 IT-Company (Company B)

This case refers to a small information technology and consulting company with around 30 employees. The company provides solutions for visualization in management control systems, product-life-cycle management (PLM) or collaboration. Turnover was primarily generated through the PLM business focused on individualized solutions for the automotive industry. Due to the industry trend towards standardized solutions in combination with decreasing payment rates for specialized programmers, the business found itself in a cash-out position in the company's portfolio. As a result, Company B engaged in the development of new businesses. In particular, the case describes the evolution of the PLM business and the ways in which Company B tried to develop a new business.

Company B was founded in 1989 and the CEO had the vision that web-based technologies would change the way people work. He developed a solution for integrating product-lifecycle relevant applications in firm specific portals. This solution was so innovative that Company B won competitions with global players like HP or IBM for projects with major OEMs within the automotive industry. As a consequence, the company grew and distinct business units were established with responsible managers. In order to develop their respective businesses

accordingly, these managers required a level of autonomy the CEO was not able to provide. In fact, the CEO was unable to provide his managers with the requested level of autonomy as the investor enforced harsh contractual conditions in order to avert/prevent any uncontrolled activities (such as investments in other firms or cooperation).

As a consequence of this limited autonomy, the managers perceived the company's context as an obstacle. Consequently, the managers left and founded their own company (Company Y) in 2000. The CEO decided to cut the competences and the access of his employees to the intranet in order to avoid such events in the future. This, however, caused new problems after a while. He created a rather „mechanistic“ organization in which employees followed documented guidelines, working procedures, regulations and business processes in order to do their job. This was sufficient for managing existing projects efficiently. But as the CEO claimed later, the company lost its ability to generate innovation. This was particularly true for the PLM business where the company gradually transformed from a tier-1 supplier to a tier-2 supplier.

The economic outcome displayed its full effect when the economic crisis hit the automotive industry in 2008. The PLM business that had provided steady growth for the previous 10–15 years started to stagnate. The CEO was not surprised as he had noticed standardized solutions dominating the market whereas prices for specialized programmers (Java) had been dropping continuously (Company B focuses on individualized solutions). He therefore forced employees into developing new business ideas, but he failed as employees stuck with 'business-as-usual'. As a consequence, around 25 specialized programmers had no project when some of the long-term projects



ended. Subsequently the CEO downsized the business over a two year period from around 75 to 30 employees. The result was surprising because the company generated exactly the same profit (absolute) with 30 employees as it had before with 75 employees.

The CEO recognized that new businesses ideas would not emerge from the mechanistic type of organization that had evolved over the years. He decided for radical organizational change. Two of his executive managers were given the opportunity to establish their own businesses in a new environment. For that, subsidiaries were established in two major cities in Germany. Each executive manager was provided with one major customer (automotive industry) and a small team of programmers and consultants. The aim of both initiatives was to gain new customers not limited to specific industries. In fact, the teams were allowed to conduct projects with existing customers, engage in further sales efforts and develop their own team. Every other function (e.g. R&D, marketing, controlling) was provided by Company B and the team leaders were controlled by the CEO. In the interviews it became clear that basic decisions, such as which brochures and other marketing materials to use, when and where to make an offer, which customer to contract and so on, were basically made by the CEO. Similarly, the influence of the team leaders on the current concept of strategy was rather low; strategy was basically not discussed with them. New business did not emerge causing one subsidiary to close and the other to become a cash-out operation.

The CEO recognized that business process integration on a „collaboration platform“ is not only a topic for large companies but also for small and medium size enterprises (SMEs). Due to standardized software such as „MS SharePoint“ such solutions became of economic interest. With this basic idea in mind, the CEO established a small team of around four

employees with the aim of developing the new business. In the first stage, the team members developed the conceptual design of the new business. While this business solution matured, the team increasingly engaged in sales activities and human resource development. Questions such as what activities to pursue and how to develop the business were primarily made by the team members. Even strategic issues were decided by the team.

The new business was however in an early stage causing trouble with the key performance indicators and controlling procedures derived from those in the established businesses. Targets (e.g. budgets or turnover) were planned but did not reflect real word conditions. Milestones such as number of customer acquisitions or cost coverage seemed to be more valid and were implemented. After a period of excessive customer acquisition, first projects were initiated and turnover started to increase around two years after first investments were made. The business was still in an early stage when interviews were ended. Nevertheless, the CEO stated that the new business was on the right track and he saw enormous potential.

#### 4 DISCUSSION

Case A describes that the new business successfully emerged and thrived through the business development team. This was determined by the autonomy of the business developer to pivot (shift) business development/developing activities based on experience that was gathered through experimentation in market interaction. Pivoting is indicated through the fact that the business (distributor business) was adapted various times (e.g. turnkey business, internationalization or positioning in Asia). For example, the business developer recognized the opportunity to develop the ‘turnkey businesses’ through experience gained when he engaged in close interaction

with customers. Business development activities which evolved from this experience where rather experimentation-based as these activities were not discussed, not analytically determined, and rather unplanned, based on the intuition of the business developer that activities would work. Similarly, business development activities evolved when first projects were initiated in Asia or the company changed its market position by establishing an own sales and service organization in Asia.

Pivoting was facilitated as the business developer had the ability to adapt business development activities rather autonomously (free from limitations and direction of the CEO), based on his experience, the CEO providing the business developer with high levels of autonomy. This is indicated through the fact that the strategic direction of the new business was mainly driven by the business developer and decisions related to business development activities were often made without consensus seeking with the CEO. Furthermore, the business developer had latency-free access to functional experts and was able to coordinate them autonomously from the CEO. Direction was (only) given through a broad vision statement and control (only) established through revisions of rough budget estimates and business plans. On the other hand, clear budget limits and the availability of functional experts that the CEO was able/willing to provide limited the level of autonomy.

In contrast, the negative impact of too low levels of autonomy on new business development is highlighted in Case B. Here, autonomy was significantly reduced when the two business unit managers left the company. For example, projects that were before managed rather autonomously by these managers were managed by the CEO after this event. Furthermore, employees were treated as functional

specialists with restricted qualifications and strict job descriptions rather than independent decision makers. Access to the intranet was limited to a minimum and directive leadership enforced. The consequence was that a rather mechanistic organization manifested itself over the years. Consensus exists that the limitation of individuals in terms of qualification and job diversity, directive leadership and centralization (all described in Case B), or in other words too little autonomy decreases the organizational ability to generate innovation (Burns & Stalker, 1961; Lawrence & Lorsch, 1967).

Hence the contrasting cases highlight that new businesses can successfully emerge and thrive through new business development teams. The cases show further that an adequate level of autonomy is decisive for teams to develop a new business which reinforces recent argumentation in corporate entrepreneurship (Dess & Lumpkin, 2005). Despite this relevance of autonomy in corporate entrepreneurship, recent analysis has shown that the factors of autonomy remain ambiguous (Lumpkin et al., 2009). In the following, we further contribute to this discussion and characterize the dimensions of autonomy observed in the cases.

#### 4.1 Characterization of Functional Autonomy

Functional autonomy in Case A is defined through a rather high share of resources in functional areas between the parent organization and the business development team, whereas the share of resources was rather low in Case B. In Case B only one functional expert in sales was temporarily provided by the parent organization. Similar to Case B, the business opportunities 'turnkey business' or 'internationalization' were operationalized through a cross functional team. In contrast however, many of these functional experts actually worked for

the parent organization and were only involved in some business development activities.

We argue that functional autonomy characterized though the share of resources and the level of autonomy can be high in some functional areas and low in others. It is therefore argued that functional autonomy depends on functional area (Crockett, Payne, & McGee, 2007; Hill & Hellriegel, 1994). Case A shows further that functional autonomy was established in areas required for direct customer interaction. For example, sales and service expertise was available in the team. On the other hand, autonomy in functional areas such as accounting or finance was not reported. Based on these observations, we argue that the nature of the functional area matters.

#### 4.2 Characterization of Decision Autonomy

Decision autonomy that the business developers at both subsidiaries (Case B) inherited was rather low as only some decisions referring to project management and human resource development could be made without approval. In contrast, high decision autonomy in almost every functional area enabled the business developer in Case A to act with greater flexibility when developing the new business. Concerning the 'turnkey business', the team leader decided which third party equipment manufactures to collaborate with, to develop marketing and training concepts or to establish training and service teams. Thus, decisions were made flexible and free from direction and limitation.

The decisions made for developing the 'turnkey businesses' are however further characterized through the functional areas where they are made. Research in corporate entrepreneurship often overlooks that decision autonomy is function specific which may have distinctive implications for business development success (Crockett

et al., 2007). We argue that an in-depth understanding of decision autonomy with respect to functional areas contributes to the ongoing discussion for balancing decision autonomy. Such results would indicate criteria for balancing decision autonomy among functional areas. Previous research indicates that these criteria exist. For example, some authors argue that decision autonomy should be high in operational functional areas (Hedlund, 1979) whereas others argue that autonomy should be established in market related functional areas (Garnier, 1982).

#### 4.3 Characterization of Strategic Autonomy

The business developers in Case B (subsidiaries) had a rather low influence on the strategic direction of their businesses. They were not part of the group in which strategic issues were discussed. In Case A however, high levels of strategic autonomy enabled the strategic direction to emerge. The strategy to enter the Asian market and subsequently to achieve a competitive position was not intended when the business developer adapted the business towards the 'turnkey businesses. Rather, the business developer recognized the tendency of turnkey manufacturers to enter the Asian market through close interaction with these customers. Perceiving this as an opportunity, he made the strategic decision to enter the Asian market in cooperation with these customers. Similarly, the strategic decision ('positioning') to establish an own sales and service organization in Asia emerged when the business developer recognized that service reliability was one major value proposition for Asian customers. Another strategic decision referred to the general direction of R&D activities. Here it was decided to focus on quality measurement equipment for high quality instead of high quantity production processes.

Strategic autonomy is typically not seen as an autonomy dimension in corporate

entrepreneurship. Case A shows however, that strategic autonomy determines the development of the new business as it enables the business developer to guide the future direction of the new business based on experience. It is argued that lower level managers are a better knowledge source than higher level managers as they have first-hand experience (Wooldridge & Floyd, 1990). Only recently has it been argued in corporate entrepreneurship that strategic autonomy should be considered when investigating autonomy (Bouchard, 2002; Lumpkin et al., 2009).

#### 4.4 Characterization of Structural Autonomy

The level of structural autonomy in Case B (subsidiaries) was moderate compared to Case A. The CEO in Case B interfered the job of the business developer. For example, he directly coordinated team members of both subsidiaries. In contrast, the case of Company A shows that the business developer was fully autonomous in doing his job. When it was decided to adapt the business model towards the turnkey business, he for example coordinated marketing experts, composed a training team, mobilized experts that worked for the company beforehand and coordinated these experts when conducting first projects in Asia. This enabled the business developer to coordinate the team's activities in terms of 'What to do', 'How to do it' and 'When to do what'. The extent to which the business developer has the authority to influence these issues without the approval of high level managers characterizes the level of structural autonomy.

## 5 CONCLUSION & DISCUSSION

The paper shows that new businesses in SMEs can successfully emerge and thrive through business development teams. The team requires the autonomy to adapt business development activities based on experience gathered through

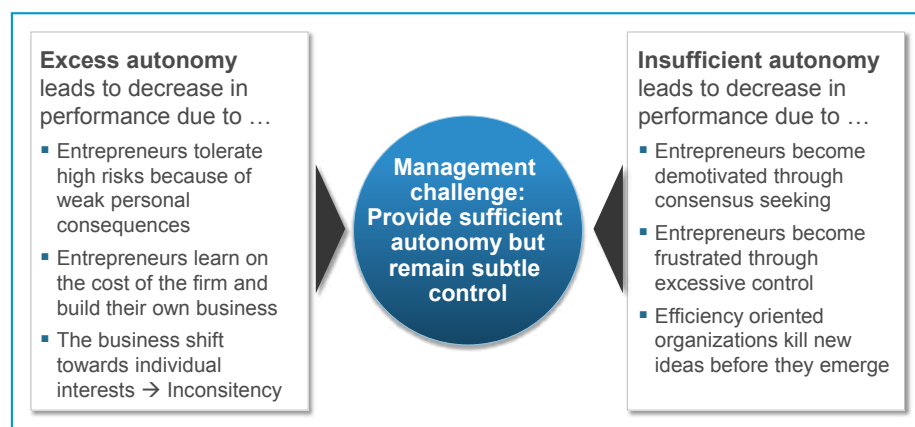


FIG. 2: Top Management challenge of balancing autonomy & control

experimentation in market interaction. However, high levels of autonomy inhere the risk that business development teams fail due to missing direction and control. The main challenge for higher level management is thus to establish an adequate level of autonomy that enables the team to develop the new business through pivoting without losing control over business development activities.

Our results show that the level of autonomy is defined through four dimensions: functional autonomy, decision autonomy, strategic autonomy, and structural autonomy. Decision autonomy enables the business developer to adapt business development activities flexibly in response to his experiences made through close interaction with market stimuli. Strategic autonomy enables the business developer to iteratively readjust the strategic direction in response to changing environmental conditions. Business developers with structural autonomy have the authority to coordinate the business development activities in terms of 'What to do', 'How to do it' and 'When to do what'. Functional autonomy determines business development through the level of shared resources between the parent organization and the business development team, which determines the team's ability to solve problems aligned with business development activities.

The adequate level of autonomy (Figure 2) can, however, not be extracted from such a small number of case studies. Drawing such conclusions is not the purpose of the paper. Rather, this research in progress paper has the aim to sensitize for the multidimensional phenomenon of autonomy in corporate entrepreneurship and provide a first conceptual framework for investigating autonomy in the context of internal business development teams. Research conceptualizing autonomy as a multidimensional phenomenon with a focus on SMEs does not yet exist in corporate entrepreneurship. We argue therefore, that our results provide a first contribution to theory building. In a further step, we operationalize the four autonomy factors and integrate them in a statistical model that we subsequently test.

Moreover, the paper provides implications for management. We assume that the insights managers draw from the paper and the cases increases efficiency when they engage in their first cycle(s) when learning how to manage new business development teams. Particularly, managers learn that business development teams are most successful when they are able to develop the new business through pivoting and this requires rather high levels of autonomy. The highlighted dimensions of autonomy are comprehensive and

enable managers to define further what the boundaries of the playing field for business development teams are and make it easier to derive criteria for adjusting the level of autonomy.

## REFERENCES

- [1] Andersen, T. J. 2000. Strategic planning, autonomous actions and corporate performance. *Long Range Planning*, 33(2): 184–200.
- [2] Andersen, T. J. 2004. Integrating Decentralized Strategy Making and Strategic Planning Processes in Dynamic Environments. *Journal of Management Studies*, 41(8): 1271–1299.
- [3] Ansoff, H. I. 1967. *Evolution of Corporate Planning*: Stanford Research Institute.
- Block, Z. 1989. Damage control for new corporate ventures. *Journal of Business Strategy*, 10(2): 22–28.
- [4] Bouchard, V. 2002. Corporate Entrepreneurship: Lessons from the field, blind spots and beyond. *European Entrepreneurial Learning: Cahiers de Recherche d'E.M.LYON*, 2002(8).
- [5] Bower, J. L. 1986. *Managing the resource allocation process : a study of corporate planning and investment*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.
- [6] Burns, T., & Stalker, G. 1961. *The Management of Innovation*. London: Tavistock Publications.
- [7] Crockett, D. R., Payne, T. G., & McGee, J. E. 2007. Exploitation of Entrepreneurial Opportunities in the Corporation: An Exploration of Functional-Level Support, Decision Autonomy, and Performance. *Entrepreneurial? Strategy Processes, Advances in Entrepreneurship, Firm Emergence and Growth*, Vol. 10: 33–63.
- [8] Dess, G., & Lumpkin, G. T. 2005. The Role of Entrepreneurial Orientation in Stimulating Effective Corporate Entrepreneurship. *Academy of Management Executive*, 19(1): 147–156.
- [9] Dougherty, D. 1995. Managing Your Core Incompetencies for Corporate Venturing. *Entrepreneurship: Theory & Practice*, 19(3): 113–135.
- [10] Garnier, G. H. 1982. Context and Decision Making Autonomy in the Foreign Affiliates of US Multinational Corporations. *Academy of Management Journal*, 25(4): 893–908.
- [11] Gebert, D., Boerner, S., & Lanwehr, R. 2003. The Risks of Autonomy: Empirical Evidence for the Necessity of a Balance Management in Promoting Organizational Innovativeness. *Creativity & Innovation Management*, 12(1): 41–49.
- [12] Hackman, J., & Oldham, G. 1975. Development of the Job Diagnostic Survey. *Journal of Applied Psychology*, 60(2): 159–170.
- [13] Hedlund, G. 1979. Autonomy of subsidiaries and formalization of headquarters-subsidiary relationships in Swedish MNCs: Stockholm school of economics, Institute of international business.
- [14] Hill, R. C., & Hellriegel, D. 1994. Critical Contingencies in Joint Venture Management: Some Lessons from Managers. *Organization Science*, 5(4): 594–607.
- [15] Hill, R. M., & Hlavacek, J. D. 1972. The Venture Team: A New Concept in Marketing Organization. *Journal of Marketing*, 36(3): 44–50.
- [16] Kanter, R. 1989. *When Giants Learn to Dance*. New York: Touchstone.
- [17] Lawrence, P. R., & Lorsch, J. W. 1967. Differentiation and Integration in Complex Organizations. *Administrative Science Quarterly*, 12(1): 1–47.
- [18] Lumpkin, G. T., Cogliser, C. C., & Schneider, D. R. 2009. Understanding and Measuring Autonomy: An Entrepreneurial Orientation Perspective. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 33(1): 47–69.
- [19] McGrath, R. G. 2001. Exploratory Learning, Innovative Capacity and Managerial Oversight. *The Academy of Management Journal*, 44(1): 118–131.
- [20] Mintzberg, H. 1973. Strategy-Making in Three Modes. *California Management Review*, 16(2): 44–53.
- [21] Newburry, W., & Zeira, Y. 1999. Autonomy and Effectiveness of Equity International Joint Ventures (EIJVs): An Analysis based on EIJVs in Hungary and Britain. *Journal of Management Studies*, 36(2): 263–285.
- [22] Sarasvathy, S. D., & Venkataraman, S. 2011. Entrepreneurship as Method: Open Questions for an Entrepreneurial Future. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 35(1): 113–135.
- [23] Shalley, C. E., & Gilson, L. L. 2004. What leaders need to know: A review of social and contextual factors that can foster or hinder creativity. *The Leadership Quarterly*, 15(1): 33–53.
- [24] Wooldridge, B., & Floyd, S. W. 1990. The Strategy Process, Middle Management Involvement, and Organizational Performance. *Strategic Management Journal*, 11(3): 231–241.





**BAUR wächst und wächst und wächst ...**



ENSURING THE FLOW.

## **High-Tech mitgestalten. Deine Chance.**

Stromnetze und Anlagen sind sensibel. Mit innovativer Prüf- und Messtechnik hilft BAUR sie zu schützen – weltweit. BAUR sucht Visionäre voller Energie. Wir suchen hochmotivierte junge Mitarbeiter, die sich für Elektronik, High-Tech und Naturwissenschaften wie Physik und Mathematik begeistern.

Arbeite mit. Damit der Strom fließt.  
Werde Teil unseres dynamischen Wachstums.



[www.baur.at](http://www.baur.at)



## SCHATTEN-IT

Christopher Rentrop, Stephan Zimmermann, Melanie Huber



**Prof. Dr. Christopher Rentrop**  
ist Professor für Wirtschafts-  
informatik mit Schwerpunkt  
Controlling an der HTWG

Konstanz und Leiter des Konstanzer Instituts  
für Prozesssteuerung (kips). Seine Forschung  
ist derzeit auf Themen des strategischen  
IT-Managements und der IT-Governance fokus-  
siert. Seit 2010 leitet er das Forschungsprojekt  
Schatten-IT.



**Stephan Zimmermann**

ist Doktorand an der Tech-  
nischen Universität Berg-  
akademie Freiberg in Koope-  
ration mit der HTWG Konstanz. Als Mitarbeiter  
des Konstanzer Instituts für Prozesssteuerung  
(kips) befasst er sich mit dem Forschungsprojekt  
„Schatten-IT“ und führt Fallstudien zu diesem  
Thema in verschiedenen Unternehmen durch.



**Melanie Huber**

ist Studentin im Master-  
studiengang Business  
Information Technology an  
der HTWG Konstanz. Seit Oktober 2013 ist sie  
akademische Mitarbeiterin am Konstanzer  
Institut für Prozesssteuerung (kips) und  
schreibt derzeit ihre Masterarbeit zum Thema  
„Enterprise Architecture Management“.

### 1 ÜBERBLICK

Das Forschungsprojekt „Schatten-IT“ am Konstanzer Institut für Prozesssteuerung (KIPS) beschäftigt sich mit IT-Lösungen, die im Unternehmen in den Fachabteilungen angesiedelt sind und dort eigenständig implementiert und betrieben werden. Im Gegensatz zu offiziellen Lösungen sind Schatten-IT-Lösungen der zentralen IT-Abteilung jedoch nicht bekannt und existieren ohne ihre Zustimmung, woraus sich der Begriff „Schatten-IT“ herleitet. Die Nutzung von „Social Software“ zur geschäftlichen Kommunikation oder „Cloud-Dienste“ sind ebenso ein Bestandteil des Phänomens wie eigene Hard- und Software, die von den Fachabteilungen implementiert und in Stand gehalten wird. Das Phänomen ist nicht neu, es gewinnt jedoch in den letzten Jahren auf Grund von aktuellen Entwicklungen wie dem vereinfachten Zugang zu Technologien, beispielsweise aus der Cloud, und steigender IT-Affinität der Gesellschaft immer mehr an Bedeutung. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über das Phänomen und die Chancen und Risiken, die es mit sich bringt. Außerdem werden Methoden zur Erhebung, Bewertung und Steuerung von Schatten-IT erläutert, die im Rahmen des Forschungsprojekts am KIPS entwickelt wurden.

### 2 EINFÜHRUNG IN DIE SCHATTEN-IT

#### 2.1 Was ist Schatten-IT?

Schatten-IT wird definiert als „geschäftsprozessunterstützende IT-Systeme, IT-Serviceprozesse und IT-Mitarbeiter, die von Fachabteilungen und IT-Anwendern eigenständig eingesetzt werden. Die Schatten-IT-Instanzen sind dabei weder technisch noch strategisch in das IT-Servicemanagement der Organisation eingebunden und somit weder im Asset noch im Configuration Management noch im Serviceportfolio berücksichtigt“ [Rentrop, Zimmermann 2012a]. Die Schatten-IT-Lösungen können parallel oder an Stelle von offiziellen Lösungen existieren.

Auch eigene Aufgabengebiete, zu denen keine offiziellen Lösungen vorhanden sind, können von ihnen abgedeckt werden. In der Regel erfolgt dies ohne Wissen, Zustimmung oder Unterstützung der IT-Abteilungen. Sie können somit als inoffiziell und autonom bezeichnet werden und sowohl Systeme, Prozesse als auch ganze Organisationseinheiten umfassen. Aus dieser Beschreibung leiten sich verschiedene in der Literatur auffindbare Bezeichnungen ab, zu denen neben „Schatten-IT“ auch „graue IT“, „Schlingel-IT“ (engl. „rouge IT“) oder „versteckte IT“ (engl. „hidden IT“) zählen.

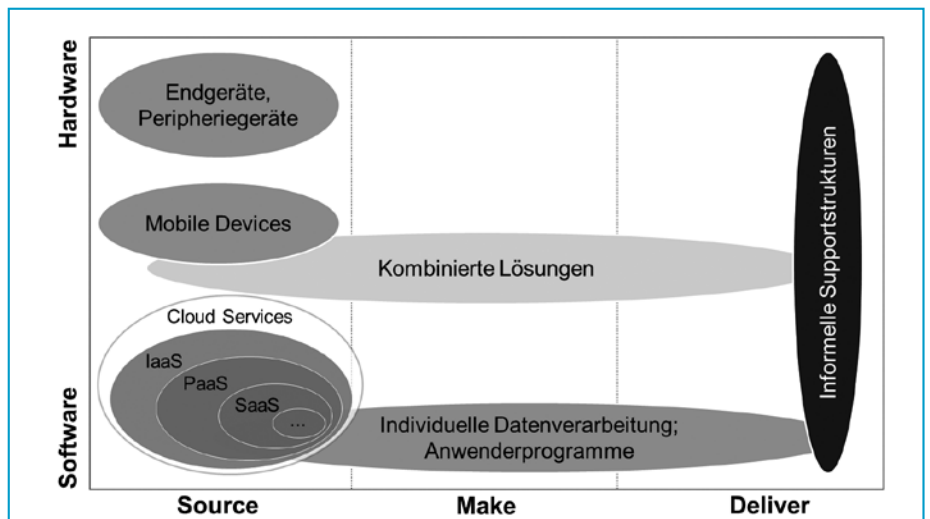


ABB. 1: Schatten-IT Ausprägungen

Bildquelle: Zimmermann, Rentrop 2012

## 2.2 Schatten-IT-Ausprägungen

Die verschiedenen Ausprägungen von Schatten-IT können in ein Schema eingeordnet werden [Rentrop et al. 2011; Zimmermann, Rentrop 2012]. Auf der einen Seite wird nach der technischen Ausprägung Hard- oder Software unterschieden, auf der anderen zwischen den Kernprozessen der Beschaffung (Source), der Produktion (Make) und des Absatzes (Deliver) [Zarnikow et al. 2005] (vgl. Abb. 1). Bei den End- und Peripheriegeräten handelt es sich beispielsweise um Personal Computer, Server, Router oder Drucker. Auch Mobile Devices wie Smartphones oder Tablets sind auf der Seite der Beschaffung im Hardwarebereich anzusiedeln. Auf der Seite der Software, die vom Unternehmen beschafft wird, sind vor allem Cloud-Dienste zu nennen. Mit ihrer Hilfe greifen Nutzer autonom auf verschiedene Angebote aus dem Internet zu und nutzen sie für geschäftliche Tätigkeiten. Die Verwendung von „Social Media“ zur geschäftlichen Kommunikation, wie beispielsweise Skype, Facebook oder Maildiensten von Drittanbietern zählen zu dieser Kategorie. Cloud-Dienste können in unterschiedlichen Ausprägungen auftreten. „Software as a Service“ (SaaS), „Platform as a Service“ (PaaS), „Infrastructure as a Service“ (IaaS) oder auch „Business Process as a Service“ (BPaaS) sind Formen von Cloud-Lösungen. Anwenderprogramme, die Nutzer selbst beschaffen, zählen ebenso zur Softwareseite des Schemas wie Lösungen der individuellen Datenverarbeitung, beispielsweise in Form von Excel Tabellen oder Access Datenbanken. Doch nicht nur technische Lösungen können als Schatten-IT-Instanzen gelten. Auch Mitarbeiter können ihnen zugeordnet werden, wenn sie Supportfunktionen in den Fachabteilungen übernehmen [Neilson et al. 2003]. Meist stehen sie dann anderen Abteilungsmitarbeitern bei IT-Fragen oder Problemen beratend zur Seite. Alle beschriebenen Formen können auch kombiniert auftreten. Eine eigenentwickelte Business-Intelligence-Lösung kann ein Beispiel dafür sein, wenn sie aus Schatten-IT-Servern, eigenentwickel-

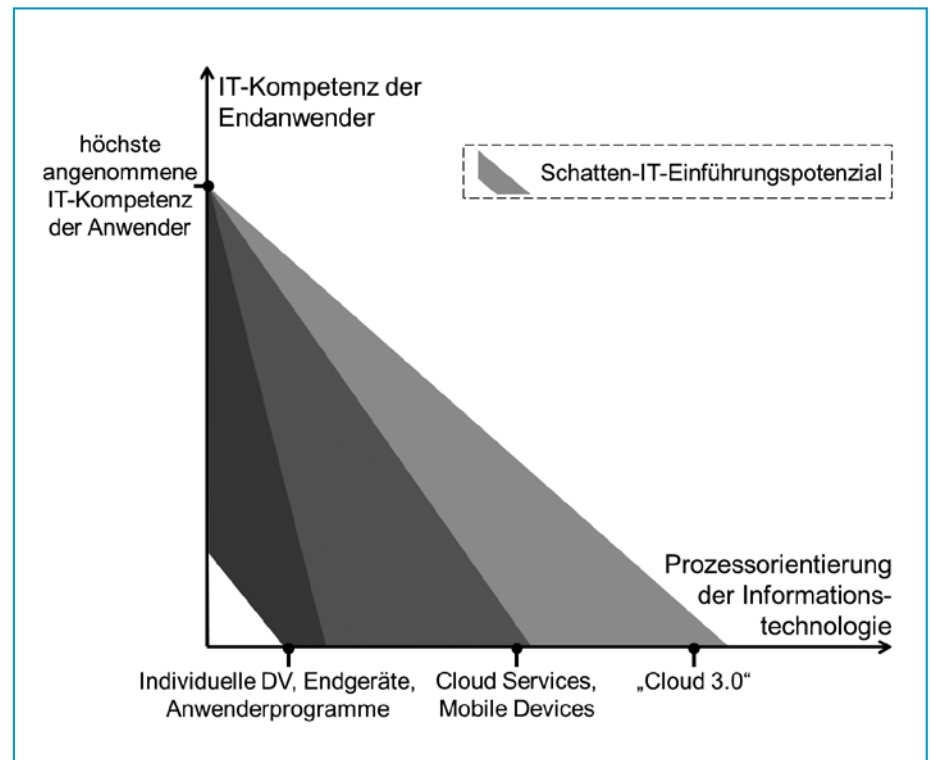


ABB. 2: Schatten-IT Einführungspotenzial

ten Anwendungen, Cloud-Diensten und internen Supportmitarbeitern besteht.

## 2.3 Treiber

Da Schatten-IT kein neuartiges Phänomen ist und sich schon lange autonom betriebene Lösungen in den Fachabteilungen etabliert haben, stellt sich die Frage, wieso das Thema trotzdem immer mehr an Aktualität gewinnt.

Ein Treiber für die Ausweitung der Verbreitung von Schatten-IT ist die Änderung der Grundhaltung der Nutzer gegenüber der Informationstechnologie [Zimmermann, Rentrop 2012]. Immer mehr Mitarbeiter sind heutzutage in der Lage, Schatten-IT-Anwendungen in die Unternehmen zu bringen. Die Affinität für unterschiedliche Technologien ist vor allem bei Digital Natives (Personen, die mit IT aufgewachsen sind) und Digital Immigrants (Personen, die IT-Kenntnisse im Erwachsenenalter aufgebaut haben) sehr hoch [Prensky 2001]. Der persönliche Bezug zur IT im privaten Umfeld wird dann in die Unternehmen getragen. Werden die Ansprüche der Mitarbeiter von der zentralen IT nicht erfüllt, suchen und implementieren sie ihre eigenen Anwendungen, um ihre Aufgaben zu erledigen.

Auch das immer größer werdende Technologieangebot treibt die Entstehung

von Schatten-IT weiter voran [Zimmermann, Rentrop 2012]. Vor allem die schon angesprochenen Cloud-Dienste vereinfachen den Zugriff auf neue Anwendungen. Die Orientierung an den Geschäftsprozessen ist bei diesen Lösungen sehr hoch, da sie klar an den Anwendern und ihren Aufgaben ausgerichtet sind. Die IT-Anbieter auf dem Markt sprechen die Fachabteilungen unvermittelt an und versuchen ihre Bedürfnisse direkt zu erfassen und mit daran angelehnten IT-Lösungen zu adressieren. Durch diese gestiegene Prozess- und Fachabteilungsorientierung und der Möglichkeit, die Lösungen einfach und unmittelbar einzusetzen, können auch Mitarbeiter mit einer geringen IT-Kompetenz Schatten-IT in die Unternehmen einbringen (siehe Abbildung 2).

## 2.4 Ursachen

Neben Entwicklungen, die die Entstehung von Schatten-IT in den letzten Jahren begünstigt haben, gibt es auch konkrete Ursachen für die Existenz solcher Lösungen in den Unternehmen. Schatten-IT entsteht grundsätzlich dann, wenn die von der IT-Abteilung angebotenen Services nicht den Anforderungen der Fachabteilungen genügen. [vgl. dazu u. a. Spafford 2004; Seidel Reppner 2009] Die Ursache für diese Unzufriedenheit kann in der Abstimmung zwischen IT und Fachabteilung liegen. Sie kann aber auch in den Fachabteilungen

selbst oder innerhalb der IT-Abteilungen zu finden sein. Im Folgenden werden mögliche Ursachen näher erläutert [vgl. dazu Rentrop et al. 2011]:

Passen die IT-Organisationsstrukturen nicht zu den Strukturen der Fachabteilungen, gibt es beispielsweise keine eindeutigen Verantwortlichkeiten bei der Betreuung der Fachabteilungen gibt [Schaffner 2007], kann dies die Fachabteilungen dazu verleiten, gewünschte Lösungen eigenständig zu entwickeln. Der Organisationsgrad der IT kann ebenfalls zur Entstehung von Schatten-IT führen. Ist er zu gering, entwickeln die Fachabteilungen ein Eigenleben. Herrscht jedoch ein sehr hoher Organisationsgrad, können IT-Serviceprozesse zu unflexibel strukturiert sein und die Fachabteilungen so einschränken, dass es zu Widerstand und zur Entwicklung von eigenen IT-Lösungen kommt. Ungeeignete Koordinationsmechanismen in Form von zu starren Budgets oder einer ungenügenden Transparenz bei den Verrechnungspreisen können ebenfalls Ursachen der Entstehung von Schatten-IT sein.

Innerhalb der IT-Abteilungen selbst können Engpässe in den Ressourcen Personal und Finanzen zum Aufschieben von Projekten oder der Verlängerung von Lieferzeiten führen. Als Folge beginnen die Fachabteilungen, eigene IT-Projekte durchzuführen, um ihre Flexibilität zu wahren. Ein zu geringes Know-how oder eine niedrige Innovationsneigung der IT-Abteilungen können sich ähnlich auf die Entstehung von autonomen Lösungen in den Fachabteilungen auswirken.

Eine hohe Eigenständigkeit der Fachabteilungen kann die Entstehung inoffizieller Systeme ebenfalls begünstigen. Werden diese beispielsweise als Profitcenter geführt, dehnen die Fachabteilungen ihre Autonomie oft auch auf die IT aus. Hat ein Unternehmen eine umfangreiche M&A-Historie, kann dies zur Entstehung von Schatten-IT-Lösungen führen. Die Organi-

sationseinheiten weisen oft einen geringen Zusammenhang auf und managen so auch ihre IT unabhängig von der zentralen IT-Abteilung. Sind die Fachabteilungen dezentral organisiert und räumlich verteilt, kann es zu eingeschränktem Support kommen. Die dadurch geförderte informationstechnische Eigeninitiative hat oft die Entstehung von Schatten-IT zur Folge.

### 3 AUSWIRKUNGEN VON SCHATTEN-IT

Nachdem der Begriff der Schatten-IT näher erläutert und die Gründe ihrer Verbreitung beleuchtet wurden, stellt sich nun die Frage, welche Folgen dies für Unternehmen haben kann. Der nächste Abschnitt beschreibt die Auswirkungen der Schatten-IT, die auf der einen Seite einige Risiken mit sich bringt, auf der anderen Seite aber auch eine Chance darstellen kann [vgl. Rentrop et al. 2011; Zimmermann, Rentrop 2012].

#### 3.1 Risiken

Ein großer Risikofaktor bei der Betrachtung von Schatten-IT sind Probleme im Hinblick auf Datensicherheit, -integrität und -schutz. Da Schatten-IT oft von Mitarbeitern mit geringen IT-Kenntnissen entwickelt werden, steigt das Fehlerrisiko, woraus Fehlfunktionen im System resultieren können [Spafford 2010]. Es können außerdem Sicherheitslücken entstehen, die Angriffe auf die Informationssysteme ermöglichen. Auf Grund ihrer technologisch schlechteren Qualität sind die entwickelten Lösungen oft nur von geringer Zukunftsfähigkeit. Außerdem sind sie in vielen Fällen sehr stark an ihre Entwickler gebunden und können daher nicht langfristig betrieben werden.

Ein weiteres Problem sind Compliance-Konflikte. Durch Schatten-IT können Prozesse etabliert werden, die nicht den bestehenden Compliance-Regeln entsprechen. Dabei kann schon die Erstellung von Schatten-IT an sich ein Verstoß gegen unternehmensinterne Regeln sein.

Auch ein Kostennachteil kann mit Schatten-IT einhergehen. Obwohl selbstentwickelte Lösungen oft günstiger wirken, sind sie in der Regel teurer als vergleichbare offizielle Lösungen. Das liegt an hohen versteckten Kosten der Schatten-IT, die dadurch entstehen, dass eigentliche Aufgaben in den Fachabteilungen zurückgestellt oder eigene Mitarbeiter dafür eingestellt werden. Ein weiterer Kostenpunkt sind beispielsweise Vertragsstrafen, die entstehen, wenn durch verdecktes Insourcing der IT offiziell ausgewählte Lieferanten übergangen werden.

Außerdem sind Schatten-IT-Lösungen nicht in die Gesamtarchitektur integriert und bleiben daher bei der unternehmensweiten IT-Steuerung unberücksichtigt. So entsteht Intransparenz und es bilden sich Datensilos. Im IT-Service-Management führt das dazu, dass keine verlässlichen Aussagen zur Ist-Situation des IT-Angebots und der dazu tatsächlich benötigten Ressourcen getroffen werden können. Die IT-Architektur und IT-Kapazitäten können nur schwer geplant werden. Andere IT-Services können durch Schatten-IT gestört und deren Verfügbarkeit beeinträchtigt werden. Auch das Releasemanagement wird durch Schatten-IT erschwert, da keine Informationen zu bestehenden Anwendungsprogrammen vorliegen und so Migrationen oder Veränderungen behindert werden können.

#### 3.2 Chancen

Neben den Risiken birgt Schatten-IT aber auch Chancen. So bringt sie in den häufigsten Fällen ein hohes Innovationspotential mit sich. Durch die Auseinandersetzung der Fachabteilungen mit ihren Bedürfnissen und der daraus resultierenden Einführung von Lösungen, die diese Bedürfnisse befriedigen, werden IT-Innovationen schneller in die Unternehmen getragen. Für die IT-Abteilung ist es auf Grund der Distanz zum operativen Geschäft nicht immer möglich, diese Innovationspotentiale aufzudecken und auszunutzen.

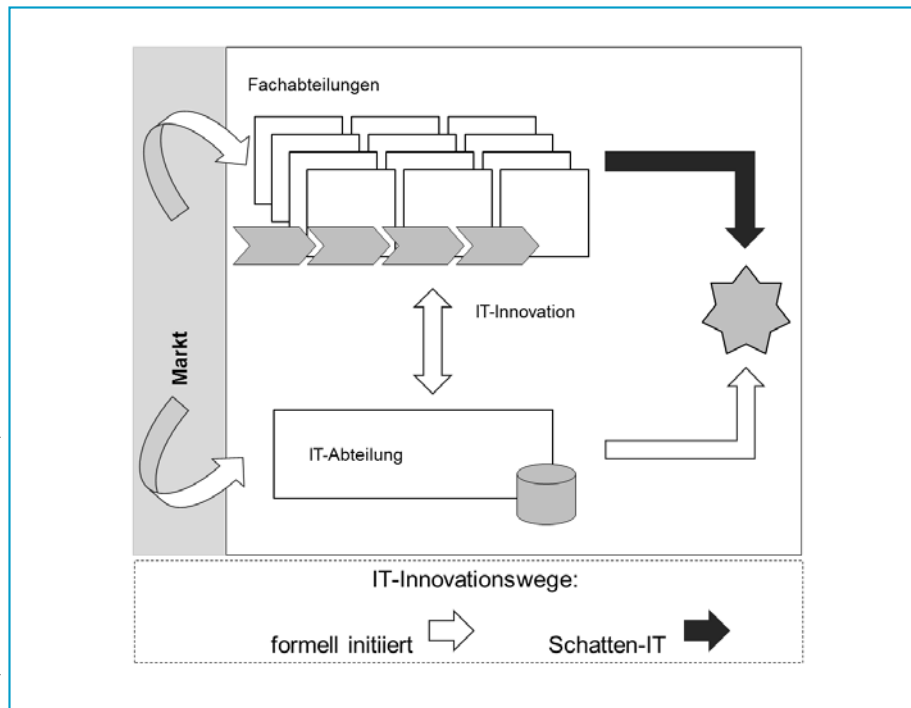


ABB. 3: IT-Innovationswege

Innovationen können durch verschiedene Wege in das Unternehmen gelangen. Abbildung 3 zeigt diese Möglichkeiten [Zimmermann, Rentrop 2012]. Erstens können Innovationen in das Unternehmen getragen werden, indem sich die IT-Abteilung und die Fachabteilungen abstimmen und Ideen oder Angebote aufgenommen und entwickelt werden. Zweitens können diese Ideen auf Seiten der Fachabteilungen auch formell durch das Demand Management beantragt werden. Als dritte Möglichkeit dient die Schatten-IT dazu, benutzergestriebene Innovationen zu etablieren [von Hippel 2005]. Dieser Weg ist im Allgemeinen flexibler und man kann sich schneller an veränderte Rahmenbedingungen anpassen, da der formelle Bewilligungsprozess nicht durchlaufen werden muss.

Dadurch sind Schatten-IT Lösungen enger an internen Prozessen ausgerichtet und die entwickelten Lösungen näher an den Bedürfnissen der Nutzer als offizielle Lösungen. Steigende Benutzerzufriedenheit ist die Folge davon. [Behrens 2009]

Jedoch bezieht sich diese Zufriedenheit oft auf die IT-Unterstützung insgesamt und nicht auf die IT-Abteilung an sich [Sherman 2004].

Behrens weist überdies nach, dass die individuelle Lösungssuche zudem die Kreativität und soziale Kollaboration zwischen den Benutzern fördert [Behrens 2009].

Die Untersuchungen im Zuge des vorgestellten Forschungsprojekts zeigen auch, dass Anwender sich mit ihren eigenen Lösungen und Geräten so stark identifizieren, dass die Nutzung der Geräte ihre Motivation bei der Arbeit steigert.

#### 4 UMGANG MIT SCHATTEN-IT

Um den beschriebenen Risiken zu begegnen und mögliche Chancen zu fördern, muss der Umgang mit Schatten-IT erlernt werden. Im vorgestellten Forschungsprojekt werden daher Ansätze entwickelt, wie bestehende Schatten-IT im Unternehmen gehandhabt werden kann. Dazu ist

zunächst festzustellen, werden, welche Schatten-IT-Lösungen im Unternehmen existieren. Danach müssen diese auf verschiedene Faktoren hin evaluiert werden. In einem letzten Schritt muss entschieden werden, wie bestehende Lösungen zu steuern sind.

#### 4.1 Erhebung

Um die bestehende Schatten-IT in einem Unternehmen zu identifizieren, gibt es drei verschiedene Ansatzpunkte. Der erste ist die technische Analyse [Bayan 2004]. Hier werden Schatten-IT-Hard- und Software mit technischen Hilfsmitteln analysiert. Der zweite Ansatzpunkt ist die Interpretation von Helpdesk-Anfragen, wobei Probleme und Gesuche zu nicht bekannten IT-Lösungen analysiert werden. Die Erfahrungen der Projektarbeit belegen, dass eine erstaunlich hohe Anzahl an Anrufen keinen Bezug zu offiziellen Lösungen hat, sondern sich stattdessen auf Schatten-IT bezieht. Als dritter Erfassungsansatz können die Mitarbeiter der Fachabteilungen direkt prozessbezogen befragt werden [Sherman 2004]. Strukturierte Interviews und Prozessbeobachtung ermöglichen es herauszufinden, welche Werkzeuge die Mitarbeiter für ihre täglichen Aufgaben einsetzen. Das Ergebnis dieser Befragung sind grafische Prozessbeschreibungen mit tatsächlich genutzten IT-Werkzeugen und prozessorientierte IT-Landschaften mit der identifizierten Schatten-IT. [Rentrop, Zimmermann 2012b].

Die verschiedenen Methoden haben jeweils Vor- und Nachteile. Die technische Analyse und die Analyse des Helpdesks ermöglichen eine direkte und schnelle Suche nach Schatten-IT in der Unternehmensarchitektur. Jedoch ist es schwierig, mit Hilfe dieser Analysen alle Schatten-IT-Lösungen zu identifizieren und die dazugehörigen Prozesse zu ermitteln. Dagegen kann durch Befragungen die Prozessbeziehung direkt hergestellt werden, da die Interviews auf den Geschäftsprozessen basieren. Trotz der Vorteile hängt das Ergebnis der Befragung

Shadow IT evaluation criteria		
Mayor criteria	Sub-criteria level I	Sub-criteria level II
Relevance	Strategic relevance	
	Criticality	Business process
		IT security
		Compliance
		IT service management
Quality	System quality	Hard-/Software
		Engineering process
	Service quality	
	Information quality	
Size	Quality of business processing	
	Use of resources and professionalism	
	Number of users	
	Shadow IT components	
Innovative potential	Shadow IT service processes	
Parallelism		

ABB. 4: Bewertungskriterien

stark vom Wissen und der Bereitschaft des Befragten ab. Ein Interviewpartner kann beispielsweise eine Schatten-IT-Lösung verschweigen, wenn er nicht möchte, dass ihre Existenz ans Licht kommt. Außerdem ist diese Methode kosten- und zeitintensiv. Auf Grund der geschilderten Nachteile ist es förderlich, die drei Möglichkeiten der Analyse zu kombinieren. Die Ergebnisse der technischen und der Helpdesk-Analyse sollten die Grundlage für die prozessbezogenen Befragungen sein. Dadurch können Nachteile und Kosten reduziert und prozessorientierte Ergebnisse erzielt werden. [Rentrop, Zimmermann 2012b].

#### 4.2 Bewertung

In einem nächsten Schritt werden die identifizierten Schatten-IT-Instanzen einzeln beurteilt. Im Rahmen des Projekts wurden Kriterien entwickelt, anhand derer die Instanzen bewertet werden können

[Rentrop, Zimmermann 2012b]. Drei Hauptkriterien wurden identifiziert, nach denen die Beurteilung vorgenommen wird (vgl. Abb. 4). Spezifische Informationen zur IT des Unternehmens, seinen Strategien und Richtlinien müssen gesammelt werden, um die Schatten-IT-Instanzen unternehmensindividuell auswerten zu können.

Das erste Bewertungskriterium ist die Relevanz, welche die Bedeutung der identifizierten Schatten-IT-Instanz beschreibt. Die Relevanz setzt sich aus zwei Unterkriterien zusammen. Zum einen wird die strategische Relevanz betrachtet, die aufzeigt, wie die unternehmerische Strategie und IT-Infrastruktur beeinflusst wird. Zum anderen ist die Kritikalität ein weiteres Kriterium. Weist die analysierte Schatten-IT-Lösung ein unberechenbares Verhalten auf, kann die IT-Sicherheit oder auch die Compliance negativ beeinflusst werden. Daher

werden bei diesem Merkmal mögliche Auswirkungen auf die Bereiche IT-Sicherheit, Compliance, das IT-Servicemanagement und der zugehörige Geschäftsprozess näher untersucht.

Qualität ist das zweite Kriterium der Bewertung. Hier werden ebenfalls mehrere Merkmale betrachtet. Erstens wird die Systemqualität beurteilt, welche die Performance des Informationssystems aus der technischen und gestalterischen Perspektive wiedergibt [Gable et al. 2008]. Eine Unterscheidung erfolgt zwischen der Qualität der Hard- und Software sowie der Qualität der Entwicklungs- und Gestaltungsprozesse. Zweitens beschreibt die Servicequalität die Qualität der IT-Services, die in Verbindung mit der Schatten-IT-Instanz auftreten und normalerweise von der IT-Abteilung bereitgestellt werden. ITIL dient dabei als Bewertungsgrundlage [OoGC 2007]. Drittes Merkmal ist die Informationsqualität. Diese beschreibt die Qualität der Information der Daten, die das betrachtete System ausgibt, beispielsweise in Form von Berichten [Gable et al. 2008]. Die Integrität und Konsistenz der durch die Schatten-IT-Lösung generierten Daten werden hier ebenfalls betrachtet. Als letztes Unterkriterium wird die Qualität der Geschäftsabwicklung betrachtet. Indirekte, prozessbezogene Ereignisse in Bezug auf die betrachtete Instanz werden mit Hilfe dieser Eigenschaft analysiert. Redundante Arbeiten und manuelle Tätigkeiten bei der Bearbeitung von Aufgaben, wie zum Beispiel Dateneingaben von Hand [vgl. dazu Jones et al. 2004; Behrens, Sedara 2004], sind hier zentrale Punkte. Außerdem kann die Prozessreife zur Beurteilung der Qualität hinzugezogen werden.

Als letztes Bewertungskriterium wird die Größe der Schatten-IT-Instanz betrachtet. Dazu werden das Ausmaß der genutzten Ressourcen und die Professionalität untersucht. Wie viele Mitarbeiter, technische Ressourcen und Systeme werden benötigt, um die Instanz zu implementieren und zu



betreiben? Es muss analysiert werden, wie professionell die Schatten-IT betrieben wird und wie qualifiziert die Mitarbeiter sind, die an ihrer Betreibung mitwirken. Des Weiteren wird der Verbreitungsgrad der Schatten-IT-Lösung mit Hilfe der Anzahl ihrer Nutzer ermittelt. Die Komponenten der Instanz werden ebenfalls zur Bewertung herangezogen. Es wird analysiert, woraus die Lösung besteht, wobei möglich ist, dass sie aus Soft-, Hardware oder einer Kombination mehrerer Komponenten besteht. Das letzte Unterkriterium ist die Anzahl der Serviceprozesse, die mit der Schatten-IT-Instanz in Verbindung stehen.

Zusätzlich zu diesen drei Hauptkriterien muss das Innovationspotential der Instanz bewertet werden und es muss beurteilt werden, ob sie parallel zu einer offiziellen Lösung genutzt wird oder diese sogar ersetzt [vgl. dazu Jones et al. 2004; Behrens, Sedara 2004].

Alle Unterkriterien müssen individuell für das Unternehmen gewichtet und die Schatten-IT Instanz spezifisch bewertet werden. Die Bewertung der Hauptkriterien setzt sich dann aus den gewichteten Bewertungen der Unterkriterien zusammen. Anschließend werden alle Instanzen in ein Schatten-IT-Bewertungsportfolio übertragen. [Rentrop, Zimmermann 2012b] Es besteht aus den Achsen Relevanz und Qualität. Die Größe des abgebildeten Kreises steht stellvertretend für das Kriterium Größe. Das Innovationspotential wird mit den Farben rot, gelb oder grün dargestellt. Die Parallelität der Instanz wird mit zwei vertikalen Strichen verdeutlicht. Ein Beispiel eines solchen Portfolios ist in Abbildung 5 zu sehen.

Zusätzlich zu diesen drei Hauptkriterien muss das Innovationspotential der Instanz bewertet werden und es muss beurteilt werden, ob sie parallel zu einer offiziellen Lösung genutzt wird oder diese sogar ersetzt [vgl. dazu Jones et al. 2004; Behrens, Sedara 2004].

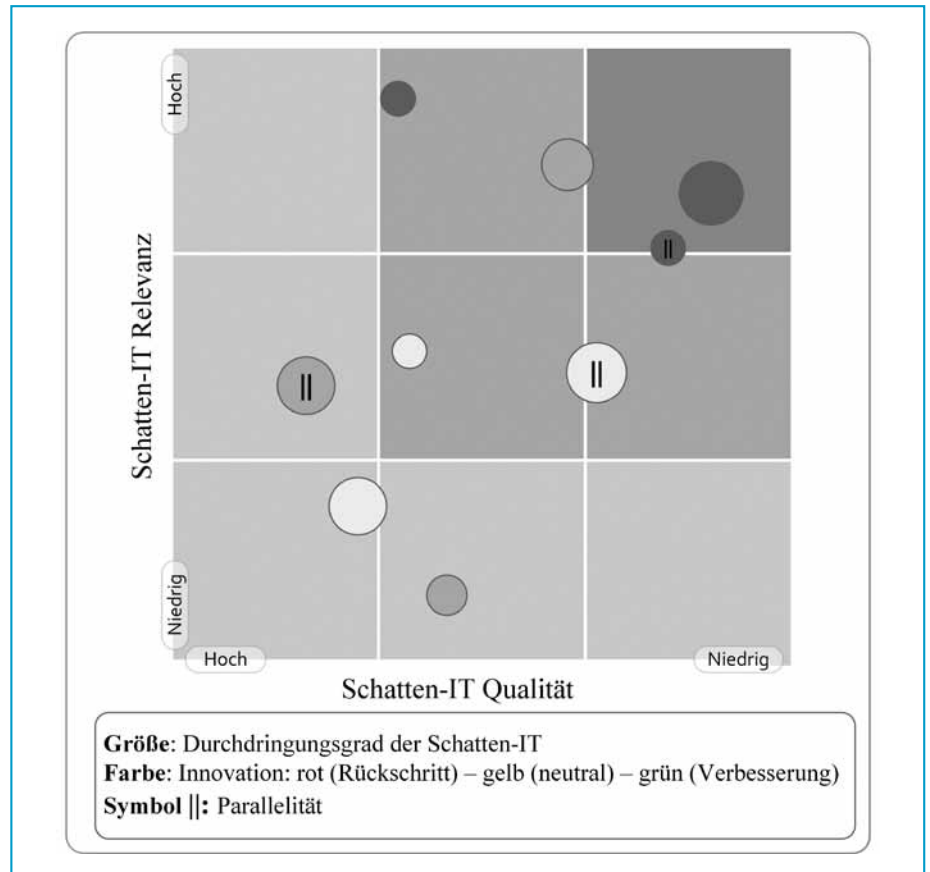


ABB. 5: Bewertungsportfolio

Alle Unterkriterien müssen individuell für das Unternehmen gewichtet und die Schatten-IT Instanz spezifisch bewertet werden. Die Bewertung der Hauptkriterien setzt sich dann aus den gewichteten Bewertungen der Unterkriterien zusammen. Anschließend werden alle Instanzen in ein Schatten-IT-Bewertungsportfolio übertragen. [Rentrop, Zimmermann 2012b] Es besteht aus den Achsen Relevanz und Qualität. Die Größe des abgebildeten Kreises steht stellvertretend für das Kriterium Größe. Das Innovationspotential wird mit den Farben rot, gelb oder grün dargestellt. Die Parallelität der Instanz wird mit zwei vertikalen Strichen verdeutlicht. Ein Beispiel eines solchen Portfolios ist in Abbildung 5 zu sehen.

#### 4.3 Steuerung

Abhängig von der Lage der Schatten-IT-Instanz im Bewertungsportfolio, muss entschieden werden, wie weiter mit der Instanz weiter vorgegangen werden soll (vgl. Abb. 5). Vor allem bei Instanzen mit hoher Relevanz und geringer Qualität, die sich also in der rechten oberen Ecke des Portfolios befinden, muss schnell gehandelt werden. Befindet sich die Instanz jedoch in

der linken unteren Ecke, so ist sie als unkritisch anzusehen. Instanzen mit hoher Qualität und hoher Relevanz müssen näher betrachtet werden, um eine spezifische Lösung für den Umgang mit ihnen entwickeln zu können. Ein mögliches Vorgehen wäre die Übertragung der Verantwortung für die Lösung in die zentrale IT-Abteilung. [Rentrop, Zimmermann 2012b].

Die gewonnene Transparenz dient als Grundlage für die Entwicklung von IT-Governance-Strukturen um potentiellen Innovationschancen zu nutzen. Diese Strukturen müssen im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts weiter ausgeführt werden. Außerdem müssen konkrete Maßnahmen für die Umsetzung der angestrebten IT-Governance entwickelt werden.

#### 5 AUSBLICK

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Schatten-IT“ wurde deutlich, dass die IT-Leistungen nicht mehr wie früher ausschließlich von der zentralen IT erbracht werden können. Vielmehr werden die Fachbereiche Co-Produzenten der IT-Ser-

vices [Barker, Fiedler 2011]. Das Architekturmanagement muss in die Fachbereiche getragen werden und das Prozessmanagement integrieren.

Die Unternehmensarchitektur ist definiert als die zusammenhängende Darstellung der Infrastruktur, Informationssysteme, Prozesse und Organisation des Unternehmens [Lankhorst 2009] und wird in Modellen festgehalten. Die Aktualität des Architekturmanagements ist eine wichtige Aufgabe, da sich Strategien und Prozesse schnell verändern. Werden keine Änderungen in den Modellen vorgenommen, sind sie schnell veraltet und können weder auf Seiten der Fachabteilungen noch der IT einen Mehrwert liefern. Dies führt zu einer negativen Haltung gegenüber dem Architekturmanagement seitens der Mitarbeiter.

Im Rahmen des am 1.10.2013 gestarteten Projekts ADAM („agiles und dezentrales Architekturmanagement“) soll die Frage geklärt werden, wie die Zusammenarbeit zwischen dem Fachbereich und dem Architekturmanagement verbessert werden kann. Die Aktualität und die sachgerechte Vollständigkeit der zugehörigen Modelle sollen auf diese Weise sichergestellt werden. Mobile und dezentrale Lösungen können dabei helfen, die Aktualität zu verbessern. Dabei sollen agile prozessorientierte Methoden genutzt und ihre Potentiale analysiert werden.

## LITERATUR

[Barker, Fiedler 2011] Barker, S.; Fiedler, B.: Developers, Decision Makers, Strategists or Just End-users? Redefining End-User Computing for the 21st Century: A Case Study. Journal of Organizational and End User Computing 23, 2, S. 1–14, 2011.

[Bayan 2004] Bayan, R.: Shed light on shadow IT groups. techrepublic.com, July 09, 2004 <http://www.techrepublic.com/article/hed-light-on-shadow-it->

[groups/5247674](http://www.techrepublic.com/article/hed-light-on-shadow-it-groups/5247674), Zugriff am 22/08/2011.

[Behrens 2009] Behrens, S.: Shadow Systems: The Good, The Bad and the Ugly, Communications of the ACM, Nr. 2, S. 124–129, 2009.

[Behrens, Sedara 2004] Behrens, S.; Sedara, T.: Why Do Shadow Systems Exist after an ERP Implementation? Lessons from a Case Study. 8th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS), Shanghai, China, 2004.

[Gable et al. 2008] Gable, G. G.; Sedera, D.; Chan, T.: Reconceptualizing information system success: the IS-Impact Measurement Model. Journal of the Association for Information Systems Vol. 9, Nr. 7, S. 377–408, 2008.

[Jones et al. 2004] Jones, D.; Behrens, S.; Jamieson, K.; Tansley, E.: The Rise and Fall of a Shadow System: Lessons for Enterprise System Implementation. ACIS, Proceedings Paper 96, 2004.

[Lankhorst 2009] Lankhorst, M.: Enterprise Architecture at Work. Berlin, Springer, 2009.

[Neilson et al. 2003] Neilson, G.; Saddi, J.; Spiegel, E.: Shining the Light on Shadow Staff, 2003, [www.boozallen.com/media/file/131494.pdf](http://www.boozallen.com/media/file/131494.pdf); Zugriff am 19.06.2012.

[OoGC 2007] Office of Government Commerce: ITIL - Service Strategy. London: TSO, 2007.

[Prensky 2001] Prensky, M.: Digital Natives, Digital Immigrants. On the Horizon 9, 5, S. 1–6, 2001.

[Rentrop et al. 2011] Rentrop, C.; van Laak, O.; Mevius, M.: Schatten-IT: ein Thema für die Interne Revision?. Revisionspraxis – Journal für Revisoren, Wirtschaftsprüfer, IT-Sicherheits- und Datenschutzbeauftragte, 2011.

[Rentrop, Zimmermann 2012a] Rentrop, C.; Zimmermann, S.: Shadow IT – Management and Control of unofficial IT. Proceedings of the 6th International Conference on Digital Society (ICDS), Valencia, Spain, January 30 – February 4, 2012.

[Rentrop, Zimmermann 2012b] Rentrop, C.; Zimmermann, S.: Shadow IT Evaluation Model. Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Informa-

tion Systems (FedCSIS), Wrocław, Polen, 9–12 September, S. 1023–1027, 2012.

[Schaffner 2007] Schaffner, M.: IT Needs To Become More Like „Shadow IT“. Mike Schaffner on Managing Information Technology and Your IT Career vom 12.01.2007, abgerufen am 15.10.2010 von [http://mike-schaffner.typepad.com/michael\\_schaffner/2007/01/we\\_need\\_more\\_sh.html](http://mike-schaffner.typepad.com/michael_schaffner/2007/01/we_need_more_sh.html).

[Sherman 2004] Sherman, R.: Shedding light on Data Shadow Systems. DM direct 2004. Abgerufen am 15.10.2010 von <http://www.athenasolutions.com/bi-brief/mayo4-issue12.html>.

[Seidel, Reppner 2009] Seidel, B.; Reppner, M.: Business Alignment verhindert Schatten-IT. IS report Heft 9, S. 30–33; S. 32 f, 2009.

[Spafford 2004] Spafford, G.: The Dangers that Lurk Behind Shadow IT. Datamation vom 04.02.2004. Abgerufen am 15.10.2010 von <http://itmanagement.earthweb.com/career/article.php/3308481>.

[von Hippel 2005] von Hippel, E.: Democratizing innovation: The evolving phenomenon of user innovation. Journal für Betriebswirtschaft 55, 1, S. 63–78, 2005.

[Zarnekow et al. 2005] Zarnekow, R.; Brenner, W.; Pilgram, U.: Integriertes Informationsmanagement: Strategien und Lösungen für das Management von IT-Dienstleistungen. Springer-Verlag, Berlin, 2005.

[Zimmermann, Rentrop 2012] Zimmermann, S.; Rentrop, C.: Schatten-IT. HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik 49, 288, S. 60–68, 2012. Prämiert mit dem HMD BEST PAPER AWARD 2012

# WANTED

Im Internet und den neuen Medien zu Hause? Dann sind Sie bei uns genau richtig!

Mit einem **studienbegleitenden Praktikum (m/w)** bei der wetter.com AG lernen Sie ein innovatives und zukunftsorientiertes Medienunternehmen kennen.

Die wetter.com AG mit Sitz in Singen ist Betreiber des größten deutschen Wetter-Portals im Internet. Neben der erfolgreichen Internetplattform betreibt die wetter.com AG mit dem Deutschen Wetter Fernsehen den einzigen 24-Stunden-Wetterkanal im deutschen Fernsehen, produziert die Wettershows der ProSiebenSat.1-Gruppe und ist auch im Hörfunk sehr aktiv vertreten. Die wetter.com AG ist eine Mehrheitsbeteiligung der ProSiebenSat.1 Media AG, München.

Da wir uns auf der Suche nach neuen Herausforderungen ständig vorwärts bewegen, brauchen wir an unserem neuen Standort Konstanz Verstärkung!

## Was Sie mitbringen sollten:

- Studium der Informatik oder einer vergleichbaren Fachrichtung und/oder praktische Erfahrungen im Bereich Programmierung
- Gute Kenntnisse in HTML, PHP, MySQL, JavaScript (weitere Programmiersprachen sind natürlich auch willkommen) und Webdesign-Basiswissen
- Kompetenzen in Microsoft Office, sehr gute Internetkenntnisse
- Lösungsorientierte Arbeitsweise, hohe Motivation und Eigeninitiative
- Teamfähigkeit
- Lernbereitschaft
- Spaß an der Arbeit

## Was Sie erwartet:

- Ein spannendes und herausforderndes Praktikum in einem zukunftsorientierten Unternehmen
- Selbstständiges Arbeiten sowie gemeinsame Projekte im Team mit ständig wechselnden Aufgaben und Anforderungen
- Perfekte Möglichkeit der persönlichen und fachlichen Weiterentwicklung
- Ein junges, motiviertes und sympathisches Team
- Ein abwechslungsreicher und zukunftsorientierter Arbeitsbereich
- Gute Bezahlung
- Zeitraum nach Absprache

Nehmen Sie diese Herausforderung an? Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung unter [jobs@wetter.com](mailto:jobs@wetter.com).



**M. Sc. Michael Blaich**

studierte an der HTWG Konstanz Technische Informatik (Diplom FH 2007)

und Informatik (Master of Science 2010). Von 2007 – 2013 arbeitete er Assistent im Labor für Mobile Roboter. Seit 2011 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Systemdynamik Konstanz. In der Arbeitsgruppe Intelligente Maritime Systeme arbeitet er an neuen Verfahren zur Kollisionsvermeidung für Schiffe.



**M.Eng. Stefan Wirtensohn**

studierte Maschinenbau und Mechatronik an der HTWG Konstanz. Er ist seit

2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Systemdynamik Konstanz. Derzeitiger Forschungsschwerpunkt ist die Identifikation und Regelung maritimer Systeme. Von besonderem Interesse ist hierbei die präzise Trajektorienregelung mittels modellbasierten Methoden.



**Markus Oswald**

studierte im Masterstudiengang Mechatronik (MME) an der HTWG

Konstanz. Im Rahmen seiner Abschlussarbeit befasste er sich mit dem Optimierungsproblem der Stellgrößenzuweisung bei überaktuierten Wasserfahrzeugen.



**M.Eng. Oliver Hamburger**

studierte Elektro- und Informationstechnik an der HTWG Konstanz und

ist seit 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Systemdynamik. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich Sensorik und Data Fusion für maritime Systeme und industrielle Anwendungen. Weitere Aufgabengebiete sind das Systemdesign, der Systemtest und die Modulintegration.



**Prof. Dr.-Ing. Johannes Reuter**

ist seit 2007 Professor für Regelungstechnik an der

HTWG Konstanz, Fakultät EI und Gründungsmitglied des Instituts für Systemdynamik. Die Forschungsinteressen liegen im Bereich der Sensordatenfusion, Zustandsschätzung, Identifikation und Regelung intelligenter maritimer Systeme, magnetischer Aktoren und hybrider Energiesysteme.

## DESIGN EINES AUTONOMEN DOPPELRUMPF-WASSERROBOTERS MIT ERWEITERTER MANÖVRIERFÄHIGKEIT

*Michael Blaich, Stefan Wirtensohn, Markus Oswald, Oliver Hamburger, Johannes Reuter*

Dieser Artikel bietet eine Übersicht zur Entwicklung des autonomen maritimen Serviceroboters CaRoLIME. Dieses „unmanned surface vessel“ (USV) dient als experimentelle Plattform zur Entwicklung von Algorithmen zur Schiffsregelung, Sensordatenfusion, Wegplanung und Kollisionsvermeidung. Neben der Beschreibung des mechanischen Aufbaus, der Steuer Elektronik sowie der Softwarearchitektur wird insbesondere auf die verwendeten Sensoren und Aktuatoren eingegangen. Das Antriebssystem besteht aus zwei um die Hochachse schwenkbaren Außenbordern mit beschränktem Schwenkwinkel. Das individuelle Schwenken der Propeller stellt zwei zusätzliche Freiheitsgrade dar und führt zu einem überaktuierten Regelsystem. Ein mathematisches Modell des Bootes wurde angepasst und zur Entwicklung modell-basierter Regelstrategien implementiert. Dieses wird außerdem für Simulationen und Hardware-in-the-Loop (HIL) Tests verwendet. Des weiteren werden in diesem Aufsatz einige Ergebnisse der Modell-Parameteridentifikation sowie der Stellgrößenzuweisung (control allocation) präsentiert.

### 1 EINFÜHRUNG

Autonome maritime Systeme sind seit geraumer Zeit weltweit ein aktives Forschungsfeld. Die Entwicklung begann 1993 am MIT Sea Grant College mit der Entwicklung des ersten „Unmanned Surface Vehicle“ (USV) ARTEMIS [1]. ARTEMIS ist eine Nachbildung eines Fischereischiffs im Maßstab eins zu siebzehn. Bei diesem Projekt wurde das Hauptaugenmerk auf die Entwicklung von Navigations- und Regelalgorithmen gelegt. Zusätzlich wurden Untersuchungen zur Automatisierung von Tiefenmessungen durchgeführt. Aufgrund der kleinen Abmessungen konnte ARTEMIS jedoch nicht auf offener See operieren. Daher wurde am MIT ein zweites USV mit Namen ACES entwickelt. Ausgehend von den Erfahrungen mit ARTEMIS wurde

ACES als Doppelrumpfboot konzipiert, insbesondere wegen der besseren Roll-Stabilität.

Angestoßen durch die Arbeiten am MIT wurden weltweit eine Vielzahl von USV-Projekten im militärischen, zivilen und akademischen Bereich durchgeführt. Dadurch entstanden unterschiedliche USV Typen, z. B. Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge oder spezielle Fahrzeuge für Messfahrten. Einen Überblick hierzu findet man in [2], [3]. Eine Übersicht ziviler USV-Projekte findet man in [4]. Caccia [5] fasst die technologischen Entwicklungen für USVs der letzten Jahrzehnte zusammen und hebt den Forschungsbedarf insbesondere auf den Gebieten „Modellbildung und Parameteridentifikation“, „Leit- und Regelungssysteme“ und „Mission Control“ hervor.

Im Folgenden werden die wichtigsten Doppelrumpf-Ansätze kurz zusammengefasst. Die meisten dieser Systeme sollten dem Zweck dienen, die Kosten für Untersuchungen im Bereich der Meeresforschung zu reduzieren. Das MIT entwickelte die Doppelrumpfschiffe ACES und AutoCat zur Tiefenmessung und für hydrographische Aufgaben [1], [6]. An der Universität Rostock wurde der Messroboter MESSIN zur Überwachung der Wasserqualität entwickelt [7]. Der Katamaran Charlie entstand durch die CNR-ISSIA innerhalb des SESAMO Projektes, mit dem Zweck, in der Antarktis Proben der Wasseroberfläche zu entnehmen [8]. Vom selben Autor findet man in der Literatur auch Arbeiten zur Modellbildung und Parameteridentifikation von Doppelrumpfbooten mit differentiellm Antrieb [9]. Das „Springer“ Fahrzeug wurde an der Universität Plymouth (Plymouth, U.K.) entwickelt, insbesondere zur Messung, Überwachung und Nachverfolgung der Verschmutzung im Meer [10], [11]. Im Autonomous Systems Laboratory des Instituto Superior de Engenharia do Porto (Porto, Portugal) entstanden eine Reihe von autonomen Doppelrumpfbooten für den Einsatz auf Flüssen und in Mündungsgebieten, namentlich „ROAZ“, „ROAZ II“ und „SWORDFISH“. „ROAZ“ und „ROAZ II“ wer-



den zur Tiefenmessung in Flüssen, Flussmündungen und Häfen eingesetzt, [12], [13], während „SWORDFISH“ als Relaisstation zur Luft-zu-Unterwasser-Kommunikation dient [14], [15]. Das Instituto Superior Tecnico-Instituto de Sistemas e Robotica (IST-ISR, Lissabon, Portugal) entwickelte den autonomen Katamaran „DELFIN“ zur Erhebung maritimer Daten und als akustische Relaisstation für die Kommunikation zwischen einem Unterwasserroboter und dessen Mutterschiff [16]. Diese Gruppe arbeitete ebenfalls auf dem Gebiet der Regelung und Navigation zur Trajektorienfolge-  
 regelung. [17].

An der HTWG Konstanz wird zurzeit der Doppelrumpfroboter CaRoLIME<sup>1</sup> entwickelt. Er soll insbesondere auf Flüssen und Binnenseen eingesetzt werden. Abb. 1 zeigt CaRoLIME während einer Testfahrt auf dem Bodensee. Der Roboter wurde insbesondere für Mess- und Überwachungsaufgaben konzipiert. Hierzu kann er mit einer Vielzahl von Sensoren, wie sidescan sonar, Echolot oder Probenentnahmesystemen ausgestattet werden. Im ersten Schritt wurde das Fahrzeug konzipiert und mit einem eigens dafür entwickelten Navigations- und Regelungssystem ausgestattet. Die nachfolgenden Abschnitte gehen dabei auf wichtige Teilbereiche in der Entwicklungsphase ein. In Abschnitt II wird das mechanische und elektronische Konzept erläutert, daran anschließend das Soft-  
 waredesign in Abschnitt III. Das mathematische Modell sowie das gewählte Verfahren zur Parameteridentifikation werden in Abschnitt IV beschrieben. Eine Lösung des Problems der Stellgrößenzuordnung findet sich in Abschnitt V. Der Artikel schließt mit einer kurzen Zusammenfassung und gibt einen Ausblick auf die zukünftig geplanten Aktivitäten.

## 2 ROBOTER-DESIGN

Das Design des USV kann in fünf einzelne Teile gegliedert werden: Rumpfdesign, Antriebskonzept, elektronische Komponenten, Sensorauswahl und Kom-



ABB. 1: CaRoLIME: Der Wasserroboter der HTWG Konstanz

munikationseinheit. Das System soll insbesondere als Experimentierplattform für die Algorithmenentwicklung im Bereich Navigation und Regelung dienen. Die Dimensionen des Roboters, dessen Gewicht und Robustheit wurden für die effiziente Durchführung von Testfahrten optimiert. Das Fahrzeug sollte daher durch ein bis zwei Personen handhabbar sein. Mit Hilfe eines Slipwagens ist das Wassern durch nur eine Person prinzipiell möglich.

Das Fahrzeug ist in der Lage, ca. 120 kg an Nutzlast aufzunehmen. Hierdurch besteht genügend Spielraum zur Aufnahme verschiedener Sensorsysteme für zukünftige Anwendungen. Eine Übersicht zu den wichtigsten technischen Eckdaten findet sich in Tabelle I. Einen erheblichen Anteil zum Gewicht tragen die Batterien bei, welche die Energie für die Antriebsaggregate und die Steuerelektronik zur Verfügung stellen. Im Moment werden Bleigel-Batterien mit einer Kapazität von 80 Ah verwendet.

Mit diesen kann der Roboter ca. drei Stunden bei maximaler Geschwindigkeit operieren. Zukünftig ist der Einsatz von

Lithium-Ionen-Batterien geplant, um die Betriebszeit deutlich zu erhöhen. Für Abstandsmessungen im Nahbereich ist das Fahrzeug mit Ultraschallsensoren ausgestattet. Mit diesen ist eine Objekterkennung im Bereich von zweieinhalb bis sieben Metern möglich. Dadurch können Kollisionen mit statischen Hindernissen vermieden werden. Zukünftig sollen Radarsysteme aus dem Automobilbereich und Laserscanner zur Hindernisvermeidung und Kartierung sowie Sonarsysteme zur Tiefenmessung hinzukommen. Zur Lokalisation und Zustandsschätzung kommen GPS, Kompass und Inertialsensoren (IMU) zum Einsatz.

Länge	2,5 m
Breite	1,2 m
Gewicht	224 kg
Zuladbare Nutzlast	120 kg
Leistung der Antriebsmotoren (jeweils)	600 W
Spannungslevel	12 V
Batteriekapazität	80 Ah

TABELLE 1: Technische Daten



## 2.1 Rumpfdesign

Doppelrumpfboote zeichnen sich durch eine verbesserte Rollstabilität aus, daher kommt dieses Konzept bei USVs relativ häufig zum Einsatz. Die Designkriterien in diesem Projekt sind Robustheit, Einfachheit und niedrige Kosten. Aus diesem Grund wurde anstatt Fiberglass Polymer als Material verwendet. Um die Kosten niedrig zu halten, wurden die Schwimmkörper des Doppelrumpf Tretbootes MOB.Y SPLASH<sup>2</sup> verwendet. Zwar sind diese aus hydrodynamischer Sicht nicht optimal, jedoch zeichnen sie sich durch ihre hohe Robustheit aus. Falls für bestimmte Anwendungen hydrodynamische Aspekte eine Rolle spielen sollten, kann durch geeignete Erweiterungen an Bug und Heck diesen Anforderungen Rechnung getragen werden.

## 2.2 Antriebskonzept

Als Antriebsaggregate kommen am Heck montierte Außenbordmotoren zum Einsatz, welche um ihre vertikale Achse schwenkbar sind. Durch Feststellen der Schwenkeinrichtung parallel zur Längsachse des Roboters können die Außenbordmotoren in einer rein differentiellen Konfiguration verwendet werden. Hierdurch kann

bei der Algorithmenentwicklung mit diesem prinzipiell einfacheren Antriebskonzept begonnen werden. Für komplexere Manöver wie Docking, dynamisches Positionshalten oder Trajektorienfolgeregelung mit Orientierungsvorgabe können die Schwenkeinrichtungen nutzbringend eingesetzt werden. Somit sind vergleichende Studien mit einem unteraktuierten und einem vollaktuierten System möglich.

## 2.3 Elektronische Komponenten

Zum Ausführen der Algorithmen sowie zur Ansteuerung von Sensoren und Aktoren kommen verschiedene Steuergeräte zum Einsatz. Eine Übersicht der verschiedenen Komponenten zeigt Abb. 2. Die Software zur Kommunikation sowie zur Ausführung der Mission läuft auf einem Embedded System mit ARM Prozessor (Pandaboard). Die Regelalgorithmen werden auf der Rapid Control Prototyping Plattform Micro-AutoBox (MABX) ausgeführt. Diese steuert direkt die Leistungsverstärker für die Antriebsmotoren sowie die Schwenkmotoren an. Da die Regelalgorithmen eine relativ geringe Abtastzeit benötigen, sind die IMU Sensoren und Encoder der Schwenkeinrichtungen direkt an die MABX angeschlossen. Als Leistungsmodule zur Ansteuerung der

Motoren kommen kommerzielle Produkte zum Einsatz. Die Kommunikation mit der Basisstation erfolgt über WLAN. Aus Sicherheitsgründen besteht eine zweite Kommunikationsverbindung auf Basis einer kommerziellen Fernsteuereinheit aus dem Modellbootbereich.

## 2.4 Sensorübersicht

Auf dem Prototypen sind zurzeit ausschließlich Sensoren für die Navigation und die Nahbereichs-Entfernungsmessung installiert. Als GPS Empfänger kommt ein uBlox Lea-6T zum Einsatz. Dieses Modul ermöglicht den Zugriff auf GPS Rohdaten, sodass die Verwendung der eigenen, auf das Fahrzeug angepassten Schätzalgorithmen möglich ist. Darüber hinaus bietet das Modul bereits integrierte Filter, die an die entsprechende Anwendung angepasst werden können. Hierdurch kann eine robuste Navigationslösung generiert werden. Zur Orientierungs- sowie Drehraten- und Beschleunigungsmessung kommen ein Airmar H2183 Kompass und drei DRS-MM3.R8K automotive IMU Sensoren von Bosch zum Einsatz. Zur Nahbereichsvermessung werden zwei unterschiedliche Typen von Ultraschallsensoren verwendet. Am Bug kommt ein Microsonic MIC-600 Sensor mit schmalen Öffnungswinkel aber relativ großem Entfernungsbereich von bis zu 8 m zum Einsatz. Dieser Messbereich ist ausreichend, um das USV aus voller Fahrt vor einem statischen Hindernis abzubremesen. Um Hindernisse im Nahbereich um den Roboter zu erfassen, werden automotive Ultraschallsensoren mit einem Öffnungswinkel von 120 Grad und einem Messbereich zwischen einem halben und vier Metern verwendet.

## 2.5 Kommunikationsverbindung

Der Datenaustausch zwischen USV und Basisstation erfolgt über WLAN. Über diese Verbindung wird der aktuelle Roboterstatus an das Mission Control Center gesendet. Dieses wiederum setzt über diese Verbindung Kommandos an den Roboter ab. In kritischen Situationen

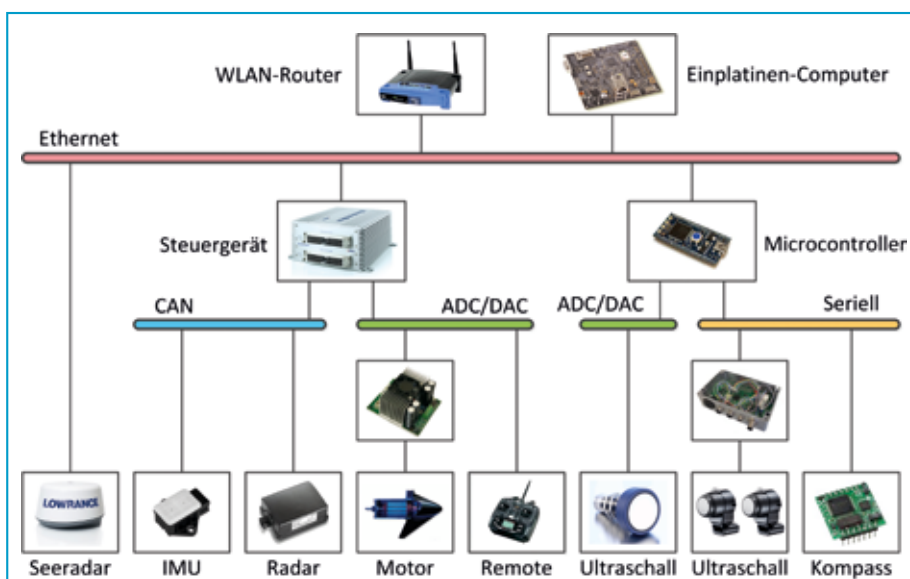


ABB. 2: Systemübersicht – Kommunikation

kann jederzeit vom Operator über eine Funkfernsteuerung die Kontrolle über den Roboter übernommen werden. Falls diese Verbindung inaktiv ist, stoppt der Roboter automatisch.

### 3 SOFTWARE-DESIGN

Die Softwarearchitektur des USV wird als Boat Operating System (BOS) bezeichnet, ein modulares Software Framework für maritime Anwendungen. Jedes Modul ist dabei als eigenständige Anwendung konzipiert und kommuniziert per UDP/TCP Sockets mit den anderen Teilen der Software. Der Datenaustausch selbst, d.h. die Übertragung von Kommandos und Daten, wird durch eine Reihe von definierten Botschaften geregelt. Das BOS ist in drei hierarchische Ebenen untergliedert. Ebene eins besitzt die höchste Priorität und enthält alle Regelungs- und Sicherheitstasks, welche harten Echtzeitbedingungen unterliegen. Anwendungen, Tasks, die nur weiche Echtzeit- bzw. keine Echtzeitanforderungen besitzen, sind der Ebene zwei mit geringerer Priorität zugeordnet. Ebene drei beinhaltet Tasks der niedrigsten Priorität. Typischerweise sind dies das Benutzerinterface und alle anderen Auswertungsroutinen auf der Basisstation.

Die Funktionen der Tasks in Ebene eins werden in Matlab/Simulink modelliert und per automatischer Codegenerierung in C-Code umgewandelt. Ein angepasster Build-Prozess erzeugt die auf dem Rapid Prototyping Steuergerät (MABX) ausführbare Anwendung. Durch die Automatisierung und durch verschiedene Konsistenzprüfungen ist diese Art der Codeerzeugung vor allem zeitlich effizienter und sicherer.

Die meisten Module in Ebene zwei und drei werden basierend auf dem Qt Framework in C++ implementiert. Der Einsatz von Qt ermöglicht die Entwicklung plattformunabhängiger Software, sodass die Module auf Betriebssystemen wie Windows, Linux oder MAC OS lauffähig sind. Darüber hinaus vereinfacht das Qt Framework die Entwicklung von Benutzerschnittstellen

in Ebene drei. Zur einfachen Konfiguration der Module werden in XML Syntax geschriebene Dateien verwendet. Hierdurch können spezifische Einstellungen der Module ohne erneute Kompilierung verändert werden. Die Definition der Verbindungen zwischen den Modulen ist ebenfalls in den Konfigurationsdateien hinterlegt. Aktuell wird ein „Pandaboard“ (Singleboard computer) für die Ebene zwei eingesetzt.

Das BOS bietet für alle Netzwerk-Botschaften eine Schnittstelle zu Matlab. Daher können alle Applikationen der zweiten und dritten Ebene auch in Matlab implementiert werden.

### 4 MODELLBILDUNG UND PARAMETERIDENTIFIKATION

Mit dem nachfolgenden Modellierungsprozess werden im Wesentlichen drei Ziele verfolgt. Zunächst wird das Modell für simulatorische Untersuchungen von Algorithmen zur Regelung, Wegplanung und Szenenerkennung eingesetzt.

Dieser „model in the loop“ (MIL) Ansatz erlaubt erste Performance-Analysen bereits in einer frühen Phase. Das zweite Ziel bezieht sich auf Software- und Systemtests mit Hilfe eines „hardware in the loop“ (HIL) Aufbaus. Hierzu ist das eigentliche Bewegungsmodell um Sensor- und Aktuatorenmodelle erweitert worden. Diese stellen auch die physikalischen Schnittstellen der Sensoren, Aktuatoren und Kommunikation zur Verfügung. Hierdurch kann die gesamte Software auf dem Ziel-Steuergerät getestet werden, bevor sie auf dem Wasserroboter zum Einsatz kommt. Diese Vorgehensweise hat sich als sehr wertvoll erwiesen, da kostbare Testzeit nicht für das Debugging der Software verschwendet wird. Hierzu muss das Bewegungsmodell in Echtzeit ausführbar sein. Vor diesem Hintergrund wird auch deutlich, dass innerhalb der Arbeitsgruppe ein eigenes, auf die Bedürfnisse zugeschnittenes Modell entwickelt und daher nicht auf kommerzielle Modellbibliotheken zurück-

gegriffen wurde. Der dritte und gleichermaßen wichtige Grund ist die Möglichkeit, mit Hilfe des Modells tiefere Systemein-sicht für die Verwendung modellbasierter Regelstrategien zu gewinnen.

Das Bewegungsmodell basiert auf der in Fossen [18] vorgeschlagenen Notation. Das Modell ist in [19] näher beschrieben und wird hier nur kurz zusammengefasst. Beim verwendeten USV können die Roll-, Nick- und die Eintauchbewegung vernachlässigt werden. Somit umfasst der Geschwindigkeitsvektor  $v$  drei Komponenten. Vorwärtsgeschwindigkeit (surge), Geschwindigkeit quer zur Längsachse (sway) und die Rotationsgeschwindigkeit um die Hochachse (yaw) ( $u \ v \ r$ ), jeweils im körperfesten Koordinatensystem ausgedrückt. Die allgemeine Bewegungsgleichung für einen starren Körper, der partiell in eine Flüssigkeit eingetaucht ist, kann durch

$$M\dot{v} + C(v)v + D(v)v = \tau_c + \tau_d \quad (1)$$

ausgedrückt werden. Hierbei ist  $M$  die Massenmatrix, Coriolis- und Zentripetalterme werden in  $C(v)$  berücksichtigt.  $D(v)$  ist die Dämpfungsmatrix und die durch Propellerschübe erzeugten Kräfte und Momente sind im Vektor  $\tau_c$  zusammengefasst. Von außen einwirkende Störkräfte und -momente sind durch  $\tau_d$  berücksichtigt. Das oben beschriebene Antriebskonzept erlaubt die Vorgabe von Kräften in  $x$ -,  $y$ -Richtung, ebenso wie die Vorgabe des Giermoments. Hieraus ergibt sich

$\tau_c = (\tau_{cx} \ \tau_{cy} \ \tau_{c\psi})^T$ . Die Gleichung für die vom Propeller erzeugte Schubkraft wurde aus der Literatur [20] entnommen und ist ausführlich für das hier verwendete USV in [19] beschrieben. Auf die Generierung geeigneter Stellgrößen, welche die gewünschten Kräfte und Momente erzeugen, wird im nächsten Abschnitt eingegangen. Aussagekräftige Simulationsergebnisse erfordern eine hinreichend gute Übereinstimmung der Modellparameter mit den physikalischen Parametern des USV. Daher ist es notwendig, innerhalb ei-

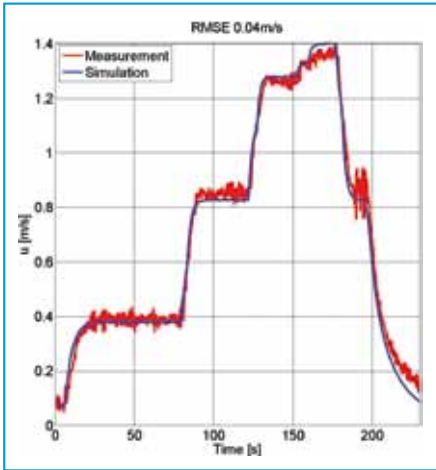


ABB. 3: Vorwärtsgeschwindigkeit bei verschiedenen Propellerdrehzahlen

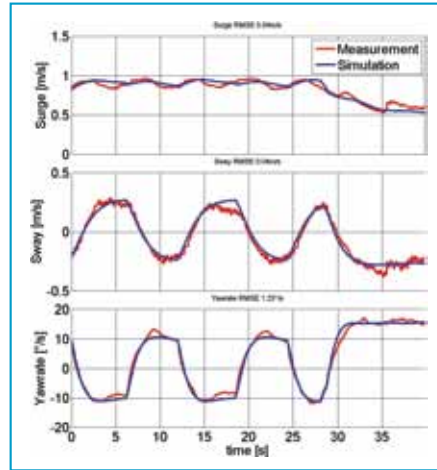


ABB. 4: Vergleich der Geschwindigkeiten und Drehrate während eines Zickzack-Manövers

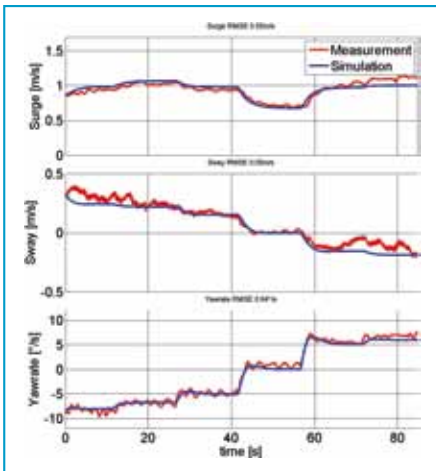


ABB. 5: Vergleich der Geschwindigkeiten und Drehrate während eines Spiral-Manövers

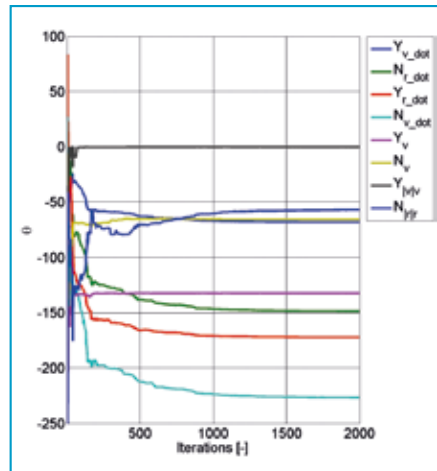


ABB. 6: Entwicklung der Parameter während des Optimierungsprozesses

nes Identifikationsprozesses die Parameter zu schätzen. Vier Parameter werden für die Zusammenhänge zwischen Propellerdrehzahl und Schub benötigt. Diese werden getrennt von den übrigen elf Parametern des Modells (1) bestimmt.

#### 4.1 Methode der kleinsten Quadrate

Die Parameteridentifikation erfolgt offline. Zunächst werden hierzu geeignete Fahrmanöver durchgeführt. Diese werden so gewählt, dass auf deren Dynamik jeweils unterschiedliche, spezifische Parameter einen besonders großen Einfluss ausüben. Während der Testfahrten werden die Ge-

schwindigkeiten surge, sway sowie die Gierrate zusammen mit den Propellerdrehzahlen aufgezeichnet. Das in Matlab/Simulink implementierte Modell (1) wird mit den Propellerdrehzahlen  $u_{pv}$  als Eingangsgrößen stimuliert. Mit Hilfe einer Fehlerfunktion

$$e_k = v_{sim}(t_k, v_m(0), u_{pv}, \theta) - v_m(t_k)$$

werden die vom Modell generierten Geschwindigkeits- und Gierratenverläufe mit den gemessenen verglichen. Hierbei ist  $t_k \in [0, t_n]$  die diskrete Zeit.  $v_{sim}(t_k)$  beschreibt den aus der Simulation von (1)

gewonnenen Geschwindigkeitsvektor als Antwort auf die Eingangsgröße  $u_{pv}$  und in Abhängigkeit des Parametervektors  $\theta$ .  $v_m(t_k)$  stellt hierbei den gemessenen Geschwindigkeitsvektor dar. Nach [21] wird das Gütefunktional in einer quadratischen Form gemäß

$$\mathcal{J} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N e_k^T Q^{-1} e_k \text{ mit } Q = \text{diag}(\hat{\sigma}_u^2, \hat{\sigma}_v^2, \hat{\sigma}_r^2) \quad (2)$$

verwendet. Dies liefert eine gewichtete Mittelung des Fehlers zwischen simulierten und gemessenen Signalverläufen in  $v$ .  $N$  ist die Anzahl der Datenpunkte und  $\hat{\sigma}_u = 0.05 \text{ m/s}$ ,  $\hat{\sigma}_v = 0.05 \text{ m/s}$  und  $\hat{\sigma}_r = 1\%/s$  sind die vorab geschätzten Standardabweichungen der Geschwindigkeitsfehler, bzw. der Drehratenfehler. Diese wurden für alle Testmanöver als konstant angesetzt. Zu beachten ist, dass die große Standardabweichung für die Drehrate nicht auf die Ungenauigkeit des Sensors zurückzuführen ist. Vielmehr werden hierbei durch Wellen induzierte Störungen mit berücksichtigt. Aufgrund der großen Anzahl von Parametern und der nichtlinearen Dynamik wird der Identifikationsprozess in drei Schritte unterteilt. Zunächst werden die Dämpfungskoeffizienten mit Hilfe eines Auslaufversuchs bestimmt. Für diesen Versuch werden keine weiteren und insbesondere keine Propellerparameter benötigt. Diese können danach mit Hilfe eines Zugversuches ermittelt werden. Zur Ermittlung dieser Parameter werden Standard-Optimierungsverfahren eingesetzt. Im dritten Schritt werden die übrigen acht Parameter identifiziert. Aufgrund des bis dahin ausschließlich zur Verfügung stehenden differentiellen Antriebskonzeptes konnten die Quergeschwindigkeit und die Drehbewegung nicht unabhängig voneinander vorgegeben werden. Des weiteren können Querkopplungen im Modell (1) nicht vernachlässigt werden. Das bedeutet, dass alle übrigen Parameter simultan bestimmt werden müssen. Hieraus resultiert ein komplexes Optimierungsproblem. Die besten Ergebnisse wurden mit Hilfe eines

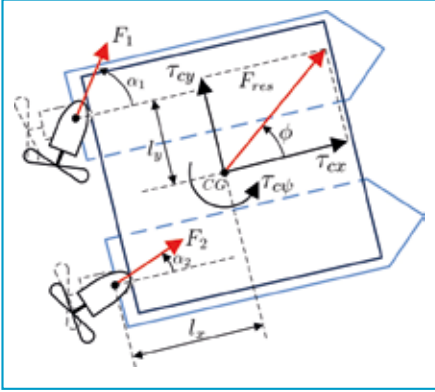


ABB. 7: Antriebskonfiguration des USV CaRoLIME

Particle Swarm Optimierungsalgorithmus (PSO) [22] erzielt. Die Matlab-Implementierung von [23] erwies sich für diesen Zweck als sehr brauchbar. Um das Risiko eines Overfittings zu reduzieren, erfolgt die Optimierung simultan unter Berücksichtigung der Daten von mehreren Manövern, die unterschiedliche dynamische Anforderungen an das USV stellen. Die Abb. 3 bis 5 zei-

gen einige Validierungsergebnisse. Abb. 6 bietet einen Einblick, wie die Parameter während des Optimierungsvorgangs gegen die stationären Werte konvergieren, welche im Idealfall den physikalischen entsprechen. Die Ergebnisse zeigen eine recht gute Übereinstimmung zwischen simulierten und gemessenen Daten. Somit beschreibt das Modell zusammen mit den gefundenen Parametern das Systemverhalten hinreichend gut.

## 5 STELLGRÖSSENZUWEISUNG

Das in Abschnitt II-B vorgestellte Antriebskonzept mit schwenkbaren Propellern führt zu einem überaktuierten Steuerungsproblem. Neben den Propellerschüben  $F_1$ ,  $F_2$ , welche im Schubvektor  $u = (F_1, F_2)^T$  zusammengefasst sind, verfügt das Antriebssystem als Eingang zusätzlich über den Schwenkwinkelvektor  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2)^T$ , bestehend aus den Schwenkwinkeln beider Propeller.

Dagegen beinhaltet der Kraft- und Momentenvektor nur drei Komponenten  $\tau_c \in \mathbb{R}^3$ . Nach [24] kann der Kraft- und Momentenvektor in Abhängigkeit der Eingangsgrößen durch

$$\tau_c = T(\alpha) u \quad (3)$$

dargestellt werden, wobei  $T$  die Konfigurationsmatrix darstellt. Für die Aktuatoranordnung der CaRoLIME ist diese gegeben durch

$$T = \begin{pmatrix} c_1 & c_2 \\ s_1 & s_2 \\ -l_y c_1 - l_x s_1 & l_y c_2 - l_x s_2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

mit den auf den Schwerpunkt (CG) bezogenen Hebelarmen  $l_x$  und  $l_y$ , der Propellerkräfte (siehe Abb. 7) und  $c_i = \cos(\alpha_i)$  und  $s_i = \sin(\alpha_i)$  mit  $i = \{1, 2\}$ .

Die Berechnung der Eingangsvektoren  $u$  und  $\alpha$  aus dem Kraft- und Momentenvektor  $\tau_c$  führt auf ein unterbestimmtes Gleichungssystem, zu dessen Lösung ein modellbasierter Optimierungsansatz verwendet werden kann. Als Gütekriterien wurde einerseits eine minimale Leistungsaufnahme, andererseits eine möglichst glatte Bewegung der Schwenkwinkel untersucht. Zur Optimierung bezüglich der Leistungsaufnahme wurde in [25] die Minimierung der Kostenfunktion  $J_P$

$$J_P(F_1, F_2) = |F_1|^{1.5} + |F_2|^{1.5} \quad (5)$$

vorgeschlagen. Die Ergebnisse bei Verwendung dieser Kostenfunktion zeigen jedoch Unstetigkeiten in den Verläufen der Eingangsgrößen  $\alpha_i$  und  $\alpha_2$ . Diese sind auf den begrenzten Schwenkbereich der Propeller zurückzuführen, der als Nebenbedingung in das Optimierungsproblem eingeht. Um diese Unstetigkeit zu vermeiden und einen glatten Bewegungsverlauf der Schwenkeinrichtungen zu erzielen, wird eine modifizierte Kostenfunktion  $J_R$  aufgestellt:

$$J_R(F_1, F_2) = |F_1|^{0.5} + |F_2|^{0.5} \quad (6)$$

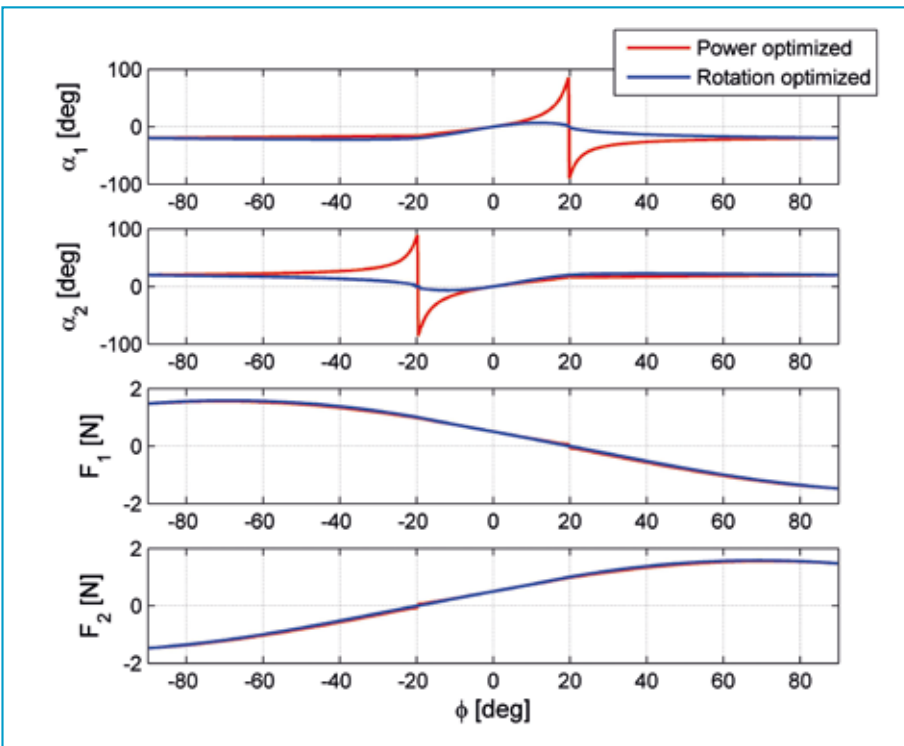


ABB. 8: Optimierte Schwenk- und Kraftverläufe mit  $F_{res} = 1N$  und  $\tau_{cw} = 0$

In Abb. 8 ist das Ergebnis für eine als konstant angenommene resultierende Kraft  $F_{res} = 1N$ , welche bei konstantem Gierrmoment  $\tau_{c\psi} = 0$  unter einem variierenden Winkel  $\phi$  zur Längsachse wirkt, dargestellt.

Die rote Kurve zeigt das Ergebnis der Optimierung bzgl.  $J_p$ , die blaue das Ergebnis bei Verwendung von  $J_R$ . Die Glättung der Unstetigkeit ist dabei deutlich zu erkennen. Da die zugehörige Propellerschubkraft im Bereich der Unstetigkeit nahezu null beträgt, ist der durch die Glättung erfolgte Zuwachs hinsichtlich der Leistungsaufnahme gering. Somit kann die Optimierung unter Verwendung der modifizierten Kostenfunktion  $J_R$  für die CaRoLIME als geeigneter erachtet werden, als die Optimierung hinsichtlich einer minimalen Leistungsaufnahme. Zur praktischen Umsetzung wurden aufgrund der für die Optimierung benötigten hohen Rechenzeit die Eingangsvektoren  $u$  und  $a$  off-line berechnet und in einem dreidimensionalen Kennfeld abgelegt.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Artikel wurden einige wesentliche Aspekte des Doppelrumpf-USV CaRoLIME behandelt. Dessen Entwicklungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, eine robuste, flexible und kostengünstige Experimentierplattform zu schaffen, die auch durch Studierende handhabbar ist. Trotzdem ist das System so leistungsfähig, dass es ohne Weiteres für wissenschaftliche Experimente in den Bereichen Regelung, Navigation, Wegplanung und Kollisionsvermeidung eingesetzt werden kann. Die Software-Architektur wurde in einer offenen Weise ausgeführt, sodass zusätzliche Funktionalitäten leicht integriert werden können. Neue Softwaremodule können sowohl mit Hilfe einer modellbasierten Werkzeugkette durch automatische Codegenerierung als auch handcodiert erstellt werden, wodurch eine effiziente Entwicklung möglich ist. Die

ersten experimentellen Untersuchungen wurden im Sommer 2012 durchgeführt mit dem Ziel, Testdaten für die Parameteridentifikation zu generieren. Die identifizierten Parameter der CaRoLIME ermöglichen den Einsatz des mathematischen Modells bei der Algorithmenentwicklung sowie für Softwaretests.

Ein besonderer Fokus der Forschungsaktivitäten der Arbeitsgruppe „Intelligente maritime Systeme“ im Institut für Systemdynamik Konstanz zielt auf die Erzeugung präziser Bewegungsabläufe des USV auch unter dem Einfluss von Störungen ab. Um dies zu ermöglichen, wurde das ursprünglich rein differentiell ausgelegte Antriebskonzept um zwei Schwenkeinrichtungen erweitert. Die vielversprechende, im letzten Abschnitt beschriebene Zuweisung der Stellgrößen wurde im Sommer/Herbst 2013 getestet und zeichnet sich zusammen mit den neu entwickelten Regelalgorithmen zur präzisen Folgeregelung durch eine hervorragende Performance aus. Die bisher verwendeten Ultraschallsensoren sind nur für den Nahbereich geeignet. Der geplante Einsatz von Radarsensoren aus dem Automobilbereich, die von den Autoren bereits in einem anderen Projekt verwendet wurden [26], bzw. die Verwendung von Laserscannern wird es dem USV ermöglichen, auch auf offenen Gewässern zu operieren. Hierzu werden die für das Solarboot Corona entwickelten Algorithmen zur Wegplanung und Kollisionsvermeidung [27], [28] für das USV CaRoLIME angepasst werden. Um den praktischen Nutzen des Roboters zu demonstrieren, sind in nächster Zeit Kooperationen der HTWG Forschungsgruppe mit Wissenschaftlern der Universität Konstanz aus dem Bereich Limnologie sowie dem Institut für Seenforschung in Langenargen geplant. Darüber hinaus besteht eine Kooperation mit einem in diesem Bereich aktiven Unternehmen.

## LITERATUR

[1] J. E. Manley, „Development of the auto-

nomous surface craft „ACES“, in OCEANS '97 MTS/IEEE, vol. 2. IEEE, 1997, pp. 827–832.

[2] A. Motwani and I. D. Analysis, „A Survey of Uninhabited Surface Vehicles,“ Marine and Industrial Dynamic Analysis, Plymouth, Tech. Rep., 2012.

[3] V. Bertram, „Unmanned Surface Vehicles – A Survey,“ Skibsteknisk Selskab, Copenhagen, Denmark, 2008.

[4] J. E. Manley, „Unmanned surface vehicles, 15 years of development,“ in OCEANS 2008, 2008.

[5] M. Caccia, „Autonomous Surface Craft: prototypes and basic research issues,“ in Control and Automation, 2006. MED'06. 14th Mediterranean Conference, 2006.

[6] J. E. Manley, A. Marsh, W. Cornforth, and C. Wiseman, „Evolution of the autonomous surface craft AutoCat,“ OCEANS 2000 MTS/IEEE, pp. 403–408, 2000.

[7] J. Majohr and T. Buch, „Modelling, simulation and control of an autonomous surface marine vehicle for surveying applications Measuring Dolphin MESSIN,“ IEE CONTROL ENGINEERING SERIES, vol. 69, no. Advanced in Unmanned Marine Vehicles, pp. 329–351, 2006.

[8] M. Caccia, R. Bono, G. Bruzzone, G. Bruzzone, E. Spirandelli, G. Veruggio, A. M. Stortini, and G. Capodaglio, „Sampling Sea Surfaces with SESAMO,“ Robotics & Automation Magazine, 2005.

[9] M. Caccia, G. Bruzzone, and R. Bono, „Modelling and identification of the Charlie2005 ASC,“ in 14th Mediterranean Conference on Control and Automation, 2006.

[10] W. Naeem, R. Sutton, and J. Chudley, „Modelling and control of an unmanned surface vehicle for environmental monitoring,“ in UKACC International Control Conference, Glasgow, Scotland, august 2006.

[11] W. Naeem, T. Xu, R. Sutton, and A. Tiano, „The design of a navigation, guidance, and control system for an unmanned surface vehicle for environmental monitoring,“ Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, vol. 222, no. 2, pp. 67–79, Feb. 2008.

[12] H. Ferreira, A. Martins, A. Dias, and C.



Almeida, „ROAZ autonomous surface vehicle design and implementation,” Robotica, 2006.

[13] H. Ferreira, C. Almeida, A. Martins, N. Dias, A. Dias, and E. Silva, „Autonomous bathymetry for risk assessment with ROAZ robotic surface vehicle,” OCEANS – 2009-Europe, May 2009

[14] H. Ferreira, R. Martins, E. Marques, and J. Pinto, „Marine Operations with the SWORDFISH Autonomous Surface Vehicle,” in IEEE Robotica07, no. May, 2006.

[15] H. Ferreira, R. Martins, E. Marques, J. Pinto, A. Martins, J. M. Almeida, J. Sousa, and E. Silva, „SWORDFISH: an Autonomous Surface Vehicle for Network Centric Operations,” OCEANS 2007 – Europe, Jun. 2007.

[16] A. Pascoal, P. Oliveira, C. Silvestre, L. Sebastiao, M. Rufino, V. Barroso, J. Gomes, G. Ayela, P. Coince, M. Cardew, A. Ryan, H. Braithwaite, N. Cardew, J. Trepte, N. Seube, J. Champeau, P. Dhaussy, V. Sauce, R. Moitie, R. Santos, F. Cardigos, M. Brussieux, and P. Dando, „Robotic ocean vehicles for marine science applications: the European ASIMOV project,” in OCEANS 2000 MTS/IEEE Conference and Exhibition, vol. 1, 2000, pp. 409–415 vol. 1.

[17] J. Alves, P. Oliveira, R. Oliveira, A. Pascoal, M. Rufino, L. Sebastiao, and C. Silvestre, „Vehicle and mission control of the delfim autonomous surface craft,” in Control and

Automation, 2006. MED’06. 14th Mediterranean Conference on, 2006.

[18] T. I. Fossen, Guidance and Control of Ocean Vehicles. Wiley, 1994.

[19] S. Wirtensohn, J. Reuter, M. Blaich, M. Schuster, and O. Hamburger, „Modelling and Identification of a Twin Hull Based Autonomous Surface Craft,” in Accepted for publication at MMAR2013, Miedzydroje, Poland, 2013.

[20] M. Blanke, „Ship Propulsion Losses Related to Automated Steering and Prime Mover Control,” Ph.D. dissertation, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, 1981.

[21] K. Muske, H. Ashrafiuon, G. Haas, R. McCloskey, and T. Flynn, „Identification of a control oriented nonlinear dynamic usv model,” in American Control Conference, 2008, 2008, pp. 562–567.

[22] J. Kennedy and R. Eberhart, „Particle swarm optimization,” in Neural Networks, 1995. Proceedings., IEEE International Conference on, vol. 4, 1995, pp. 1942–1948 vol. 4.

[23] Donckle, Brecht, „Homepage of brecht donckle: Particle swarm optimization,” [http://biomath.ugent.be/~brecht/examples\\_matlab.html](http://biomath.ugent.be/~brecht/examples_matlab.html), Oktober 2012.

[24] T. I. Fossen, „A Survey of Control Allocation Methods for Ships and Underwater Vehicles,” in 2006 14th Mediterranean Conference on Control and Automation, Dec. 2006, pp. 1–6.

[25] T. A. Johansen, T. I. Fossen, and S. P. Berge, „Constrained nonlinear control allocation with singularity avoidance using sequential quadratic programming,” IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, vol. 12, no. 1, pp. 211–216, 2004.

[26] M. Greuter, M. Blaich, M. Schuster, M. Franz, and J. Reuter, „Mapping Of Inland Waters Using Radar,” in In 22nd Conference on Autonomous Mobile Systems(AMS). Stuttgart: Springer, September 2012.


[27] M. Blaich, M. Rosenfelder, M. Schuster, O. Bittel, and J. Reuter, „Extended Grid Based Collision Avoidance Considering COLREGs for Vessels,” in Manoeuvring and Control of Marine Craft, 9th IFACConference on, September 2012.

[28] —, „Fast Grid Based Collision Avoidance for Vessels using A\* Search Algorithm,” in Methods and Models in Automation and Robotics(MMAR), 17th International Conference on, Miedzydroje, Poland, August 2012.

## FUSSNOTEN

1: Catamaran Robot for Locomotion in Maritime Environments

2: <http://www.mob-y.de/splash.html>



## Starten Sie mit Christiani in die Zukunft...

**Sie haben Ihr technisches Studium erfolgreich absolviert?**


Dann bewerben Sie sich bei uns. Wir suchen motivierte und engagierte Hochschulabsolventen aus dem technischen Ingenieurwesen mit neuen Ideen für die Betreuung und Entwicklung der stetig wachsenden Produktsortimente in den Bereichen Elektrotechnik, Automatisierungstechnik, Mechatronik und Bautechnik.

**Wir freuen uns auf Ihre Initiativbewerbung!**

**Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG**  
Technisches Institut für Aus- und Weiterbildung

Frau Monika Herwig  
Hermann-Hesse-Weg 2  
78464 Konstanz  
[karriere@christiani.de](mailto:karriere@christiani.de)

[www.christiani.de/karriere](http://www.christiani.de/karriere)



Der Bildungsprofi für Technik

SCHULE  
TECHNIK

AUSBILDUNG  
TECHNIK

HOCHSCHULE  
TECHNIK

WEITERBILDUNG  
TECHNIK

# EIN VERTEILT-PARAMETRISCHER ANSATZ ZUR REGELUNG VON DUALSPULVENTILEN

Johannes Reuter, Tristan Braun



**Tristan Braun**

ist Student im Masterstudiengang EIM an der HTWG Konstanz und seit 2013

wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Systemdynamik Konstanz. Sein Hauptarbeitsgebiet ist die robuste Zustandsschätzung und Regelung für magnetische Aktoren.



**Prof. Dr.-Ing. Johannes Reuter**

ist seit 2007 Professor für Regelungstechnik an der

HTWG Konstanz, Fakultät EI und Gründungsmitglied des Instituts für Systemdynamik. Die Forschungsinteressen liegen im Bereich der Sensordatenfusion, Zustandsschätzung, Identifikation und Regelung intelligenter maritimer Systeme, magnetischer Aktoren und hybrider Energiesysteme.

In diesem Beitrag wird die Generierung von Vorsteuersignalen für ein Magnetventil basierend auf einem verteiltparametrischen Modell betrachtet. Die Lösung wird als Potenzreihenansatz dargestellt und eine Vorwärts/Rückwärtsrechnung wird vorgeschlagen, um das Verfahren zu verifizieren und um den Effekt von Vereinfachungen zu untersuchen. Experimentelle Ergebnisse zeigen, dass der vorgeschlagene Ansatz in der Lage ist Vorsteuersignale zu generieren, die den Ventilstößel entlang einer vorgegebenen Bahn bewegen können.

## 1 EINFÜHRUNG

Elektromagnetische Aktoren sind seit langem bekannte und weit verbreitete industrielle Komponenten. Trotzdem ist ihr Potential bei weitem noch nicht ausgeschöpft, sofern diese mit Hilfe geeigneter Ansteueralgorithmen zu mechatronischen Systemen erweitert werden. Hierzu bestehen weltweit Forschungsaktivitäten bezüglich der Optimierung des dynamischen Verhaltens und einer Verminderung der elektrischen Verluste. Weiter ist die Entwicklung geeigneter Algorithmen zur sensorlosen Positionsbestimmung eines Ventilstößels oder Magnetankers eine internationale Forschungsrichtung.

Eine gemeinsame Grundlage für diese Untersuchungen sind geeignete Modelle.

Daher werden in der Literatur eine Vielzahl von Modellierungsansätzen betrachtet [1], [2], [3]. Vereinfachte, konzentriert-parametrische Modelle können die Dynamik bestimmenden Größen, wie Feld-Diffusion, Kraftaufbau oder Hystereseeffekte nur bedingt widerspiegeln. Jedoch sind gerade diese die bestimmenden Einflussgrößen, wenn Eigenschaften wie Schnellschaltung, Softlanding oder ein optimierter Energieverbrauch betrachtet werden [2]. Daher wird in dieser Arbeit der Übergang hin zu verteilt-parametrischen Modellen vollzogen.

Das hier betrachtete Modell besteht aus zwei symmetrischen Spulen, die auf zwei zylindrischen Endkappen montiert sind, vgl. Abb.1. In dieser Arbeit erweitern wir unsere in Vorarbeiten betrachteten Ansätze mit konzentriert-parametrischen [4] oder grob räumlich aufgelösten [5] Reluktanzmodellen hin zu einem verteilt-parametrischen Modell des magnetischen Kreises für den Vollzylinder, bestehend aus Stößel und Endkappen, vgl. Abb. 1. Dazu wird das magnetische Feld mit Hilfe einer partiellen Differentialgleichung modelliert. Finite Elemente Simulationen haben gezeigt, dass diese Bereiche durch Felddiffusion und Wirbelströme bestimmend für das dynamische Verhalten des Kraftaufbaus sind. Die äußeren Bereiche des Magnetkreises werden weiter mit

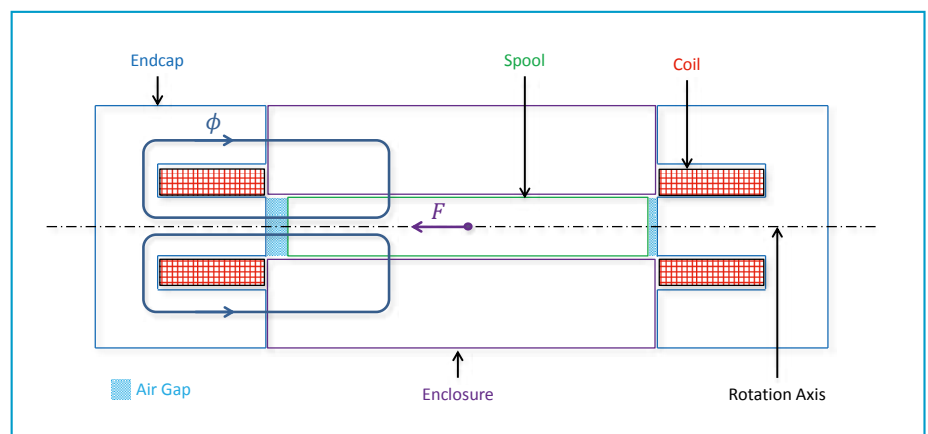


ABB. 1: Prototyp des Dual-Spulen Ventils

Hilfe eines einfachen Reluktanznetzwerkes modelliert [6]. Die Motivation zu diesem Ansatz besteht zum einen in wissenschaftlicher Neugier, zum anderen aus ganz praktischen Gründen. Die Handhabung verteilt-parametrischer Ansätze ist mathematisch sehr anspruchsvoll. Im Gegensatz zu einfachen Modellen ist man jedoch mit ihnen in der Lage, den Aktor allein mit Hilfe von geometrischen Abmessungen und Materialparametern zu beschreiben. Dies bedeutet, dass für z.B. regelungstechnische Untersuchungen noch keine Messdaten vorliegen müssen. Letztere werden erst zur Validierung benötigt. Ein weiteres wichtiges Argument zur Verwendung dieser Modelle ist die mit ihnen erzielbare Genauigkeit. Physikalische Zusammenhänge können hier mit relativ wenigen Vereinfachungen modelliert werden, insbesondere dann, wenn die Geometrien nicht zu kompliziert sind.

Der hier präsentierte Ansatz basiert auf einem Artikel von Rothfuß [7], der im weiteren Verlauf der Arbeiten modifiziert und erweitert wurde. Neben der Verwendung eines Vollzylinders statt eines Hohlzylinders und einer rechnerischen Verifikation zur Analyse des Effekts von Vereinfachungen, wird hier insbesondere eine experimentelle Validierung des Ansatzes demonstriert. Es kann gezeigt werden, dass die berechnete Vorsteuerung (in Abwesenheit von Störungen) die Stoßeltrajektorie in der Tat auf der vorgegebenen Bahn halten kann. Dies ist für das betrachtete Modell nicht trivial, da die partielle Differentialgleichung mit den gegebenen Randbedingungen gelöst werden muss.

Der Artikel ist im Weiteren folgendermaßen strukturiert: Im nächsten Abschnitt wird das allgemeine Modell hergeleitet und für den linearen Fall ein Lösungsansatz mittels Potenzreihe angegeben. Für diese wird ein Konvergenzbeweis erstellt, der von dem in [8] abweicht. Anschließend erfolgt die Verifikation mittels Vorwärts/Rückwärtsrechnung und danach werden

simulatorische und experimentelle Messergebnisse präsentiert. Eine Zusammenfassung und ein Ausblick auf zukünftige Arbeiten bilden den Abschluss des Artikels.

## 2 VERTEILT-PARAMETRISCHES MODELL UND VORARBEITEN

In anspruchsvollen Anwendungen elektromagnetischer Aktoren werden Verfahren zur Trajektorienfolgeregelung, zur Erzielung von Softlanding sowie Verfahren zur energetischen Effizienzsteigerung eingesetzt. Zur Trajektorienfolgeregelung hat sich die Anwendung der Theorie der differentiellen Flachheit in einer Vielzahl praktischer Beispiele bewährt [9] [10]. Hierbei handelt es sich, vereinfacht ausgedrückt, um eine dynamische Invertierung des Systems. D.h., das Eingangssignal wird durch ein Ausgangssignal und einer endlichen Anzahl seiner zeitlichen Ableitungen beschrieben, bzw. parametrisiert. Des Weiteren sind in high Performance Anwendungen Wirbelströme nicht zu vernachlässigen und sollten daher mit modelliert werden. Dies wird im Folgenden dadurch erreicht, dass der Vollzylinder durch eine partielle Differentialgleichung (PDE) beschrieben wird.

### 2.1 Modellherleitung

Die Herleitung wird hier kurz zusammengefasst. In [7] wurde eine konstante Permeabilität betrachtet. In der aktuellen Forschung soll auch das Einbeziehen einer feldabhängigen Permeabilität ermöglicht werden. Zur Herleitung des Modells werden die quasi-stationären Maxwellgleichungen herangezogen [11]. Mit der Stromdichte  $J$ , der elektrischen Feldstärke  $E$ , der magnetischen Feldstärke  $H$ , der magnetischen Flussdichte  $B$  und der Leitfähigkeit  $\sigma$  ergeben das Durchflutung und das Gauss'sche Gesetz

$$\begin{aligned}\nabla \times H &= J = \sigma E \\ \nabla \times E &= -\frac{dB}{dt} \\ \nabla \times (\nabla \times H) &= \nabla \times J = -\sigma \frac{\partial B}{\partial t}\end{aligned}\quad (1)$$

Die Einbeziehung einer nicht-konstanten Permeabilität führt auf die feldabhängige Materialgleichung:

$$B = \mu(H)H = f(H) \quad (2)$$

Die Anwendung der Kettenregel liefert für die zeitliche Ableitung der Induktion

$$\begin{aligned}\frac{\partial B}{\partial t} &= \frac{\partial f(H)}{\partial t} \\ &= \frac{\partial f(H)}{\partial H} \dot{H} \\ &= \mu(H) \dot{H}.\end{aligned}$$

Bei Verwendung von Zylinderkoordinaten für (1) und Berücksichtigung von Symmetrien sowie ausschließlicher der z-Komponente des magnetischen Feldes, vgl. Abb. 1, erhält man eine nichtlineare PDE in den unabhängigen Variablen Radius  $r$  und Zeit  $t$ , die den Aufbau des magnetischen Feldes im Zylinder beschreibt:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial H(r,t)}{\partial r} + \frac{\partial^2 H(r,t)}{\partial r^2} - \sigma \mu(H) \frac{\partial H(r,t)}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

Hierbei und im Folgenden bezeichnet  $H$  die axiale z-Komponente der magnetischen Feldstärke. Bei der Wahl von  $\mu \equiv \text{const}$  wird die Gleichung linear und ergibt die homogene Wärmeleitungsgleichung in Zylinderkoordinaten [7]. Im Folgenden wird die Voraussetzung  $\mu \equiv \text{const}$  gemacht.

### 2.2 Stand der Forschung

Flachheitsbasierte Trajektorienfolgeregelung für Systeme, die sich durch Gleichungen vom Typ der linearen Wärmeleitungsgleichung beschreiben lassen, wurde erfolgreich auf eine Vielzahl von Problemstellungen angewendet, z.B. in [9] oder [12]. Insbesondere zeigen die Arbeiten von Rothfuß [7] die Möglichkeit, Steuersignale für Magnetaktoren mit Hilfe dieses Ansatzes zu generieren. Die Verwendung eines Potenzreihenansatz für derartige Randwertprobleme wurde von Rudolph in [13] erfolgreich gezeigt. Im Folgenden wird dem Ansatz von [7] zur Auffindung einer flachheitsbasierten Lösung

$$H(r, t) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i(t) \frac{r^i}{i!} \quad (4)$$

$$H' = \sum_{i=0}^{\infty} a_{i+1}(t) \frac{r^i}{i!} \quad (5)$$

$$H'' = \sum_{i=0}^{\infty} a_{i+2}(t) \frac{r^i}{i!} \quad (6)$$

$$\dot{H} = \sum_{i=0}^{\infty} \dot{a}_i(t) \frac{r^i}{i!} \quad (7)$$

gefolgt, wobei ' die partielle Ableitung bezüglich  $r$  darstellt. Die Anfangs- und Randbedingungen sind durch folgende Zusammenhänge gegeben.

$$H(r, 0) = 0 \quad (8)$$

$$H(0, t) = a_0(t) = y(t) \quad (9)$$

$$H(r_a, t) = u(t). \quad (10)$$

Hierbei ist das Feld im Kern ( $r = 0$ ) der flache Ausgang  $y(t)$  und die magnetische Feldstärke  $H(r_a, t)$  auf der äußeren Hülle bei  $r_a$  die Eingangsgröße, welche als Randsteuerung wirkt. Für weitere Details sei auf [7] verwiesen. Zur Ermittlung der Randsteuerung muss die gewünschte Ausgangsgröße  $y(t)$  in geeigneter Weise vorgegeben werden. Die Auswahl geeigneter Zeitfunktionen  $y(t)$  ist dahingehend kritisch, dass diese hinreichenden Glattheitsbedingungen genügen müssen. In diesem Kontext sind sogenannte Gevrey-Funktionen nützlich [14]. Diese sind glatte Funktionen auf einem Zeitintervall  $\tau \in [a, b] \mapsto y(t)$  von der Ordnung  $\alpha \in \mathbb{R}_+$ , die folgende Definitionen genügen [14]:

$$\exists M, \gamma > 0, \forall n \in \mathbb{N}, \sup_{t \in [a, b]} |y^{(n)}| \leq M \frac{(n!)^\alpha}{\gamma^n} \quad (11)$$

Dies bedeutet, dass alle Ableitungen der Funktion beschränkt sind. Die Gevrey-Ordnung und damit die Funktionen die für die Vorgabe des flachen Ausgangs  $y(t)$  geeignet sind, müssen durch einen Konvergenzbeweis bestimmt werden.

### 3 NEUER ANSATZ ZUR BERECHNUNG DER STEUERFUNKTION

In [7] wird ein Konvergenzbeweis für den Hohlzylinder angegeben. In [8] ein

ähnlicher Beweis für den Vollzylinder, jedoch mit einem anderen Ansatz als dem im Folgenden verwendeten. Mit der hier vorgeschlagenen Lösung für den linearen Fall kann der Konvergenzradius als auch die benötigte Chevreysche Ordnung für zulässige Ausgangsfunktionen  $y(t)$  bestimmt werden.

#### 3.1 Reihenansatz zur Systeminvertierung

Da bei diesem Ansatz der Systemeingang durch Vorgabe des flachen Ausgangs berechnet wird, bezeichnet man diesen als Rückwärtsrechnung. Zur Verifikation wird später das Ausgangssignal mit Hilfe einer Vorwärtsrechnung aus dem gefundenen Eingangssignal rekonstruiert. Geht man wieder von den gleichen Randbedingungen (8)–(10) aus und setzt (5)–(7) in die lineare PDE (3) ein und sortiert nach Potenzen von  $r$  erhält man das folgende Gleichungssystem [8]:

$$\begin{aligned} a_1 &= 0 \\ 2a_2 - \sigma\mu\dot{a}_0 &= 0 \\ 3a_3 - 2\sigma\mu\dot{a}_1 &= 0 \\ 4a_4 - 3\sigma\mu\dot{a}_2 &= 0 \\ 5a_5 - 4\sigma\mu\dot{a}_3 &= 0 \end{aligned}$$

Offensichtlich werden alle Koeffizienten  $a_i(t)$  mit ungeradem Index  $i$  gerade zu null,

$$a_{2i+1} = 0, i \geq 0.$$

Für Koeffizienten mit geradem Index kann die folgende Struktur verifiziert werden:

$$\begin{aligned} a_2 &= \frac{1}{2} \sigma\mu\dot{a}_0 = \frac{1}{2} \sigma\mu\dot{y} \\ a_4 &= \frac{3}{4} \sigma\mu\dot{a}_2 = \frac{3}{8} (\sigma\mu)^2 \ddot{y} \\ a_6 &= \frac{5}{6} (\sigma\mu)\dot{a}_4 = \frac{15}{48} (\sigma\mu)^3 y^{(3)} \\ a_8 &= \frac{7}{8} (\sigma\mu)\dot{a}_6 = \frac{105}{384} (\sigma\mu)^4 y^{(4)} \end{aligned}$$

Hierbei kann für die Koeffizienten eine geschlossene Lösung angegeben werden:

$$a_{2i} = y^{(i)}(\sigma\mu)^i \frac{\prod_{k=1}^i (2k-1)}{2^i i!}, i \geq 0. \quad (12)$$

Durch Einsetzen von (12) in die Potenzreihe (4) ergibt sich eine geschlossene Lö-

sung für das Feld im Vollzylinder bei konstantem  $\mu$ :

$$H(r, t) = \sum_{i=0}^{\infty} y^{(i)}(\sigma\mu)^i \frac{\prod_{k=1}^i (2k-1)}{2^i i!} \frac{r^{2i}}{(2i)!} \quad (13)$$

Hierdurch können alle  $a_i(t)$  und alle Zeitableitungen explizit, d.h. ohne Rekursion, angegeben werden. Ein Konvergenzbeweis unter Einbeziehung des Gevrey-Grades (25) wird im Folgenden ausgeführt.

**Konvergenzbeweis:** Mit der geschlossenen Lösung (13), kann der Konvergenzradius  $R$  mit Hilfe des Cauchy-Hadamard Theorems [15] durchgeführt werden.

$$\frac{1}{R} = \limsup_{i \rightarrow \infty} \sqrt[2i]{\left| \frac{a_{2i}}{(2i)!} \right|} \quad (14)$$

Durch Einsetzen von  $a_{2i}$  und Abschätzung der oberen Schranken der Ableitungen des Ausgangs  $y^{(i)}$  mit Hilfe von (25) erhält man für hinreichend flache Funktionen

$$\begin{aligned} \frac{1}{R} &\leq \limsup_{i \rightarrow \infty} \sqrt[2i]{\frac{M(i!)^\alpha (\sigma\mu)^i \prod_{k=1}^i (2k-1)}{\gamma^i 2^i i! (2i)!}} \\ &= \sqrt{\frac{\sigma\mu}{2\gamma}} \limsup_{i \rightarrow \infty} \left( \frac{(i!)^{\frac{\alpha-1}{2i}} \left( \prod_{k=1}^i (2k-1) \right)^{\frac{1}{2i}}}{((2i)!)^{\frac{1}{2i}}} \right) \end{aligned}$$

Mit Hilfe der Identität

$$\prod_{k=1}^i (2k-1) = \frac{(2i)!}{\prod_{k=1}^i (2k)} = \frac{(2i)!}{2^i i!} \quad (15)$$

vereinfacht sich das Ergebnis zu

$$\begin{aligned} \frac{1}{R} &\leq \limsup_{i \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{\sigma\mu}{2\gamma}} \sqrt{\frac{(i!)^{(\alpha-1)}}{2^i i!}} \\ &= \sqrt{\frac{\sigma\mu}{2\gamma}} \limsup_{i \rightarrow \infty} \frac{(i!)^{\frac{\alpha-2}{2i}}}{\sqrt{2}} \end{aligned}$$

Für  $0 \leq \alpha \leq 2$  ergibt sich für die Lösung der Rückwärtsrechnung  $H(r, t)$  ein Konvergenzradius von  $R = \infty$ , d.h. sie konvergiert für alle Radien  $r$ .

### 3.2 Potenzreihenansatz für die Vorwärts/Rückwärts-Verifikation

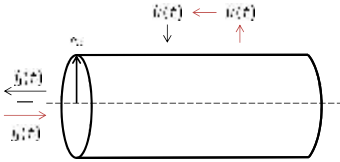


ABB. 2: Skizze zum Prozess der Vorwärts/Rückwärts-Verifikation

Die hier zugrunde liegende Idee besteht darin, eine neue, unabhängige Lösung von (3), diesmal für die Vorwärtsrichtung vom Eingang  $u(t)$  zum Ausgang  $y(t)$  zu berechnen. Auch hier wird wieder die Eigenschaft der differentiellen Flachheit verwendet, so dass eine direkte Auswertung in beiden Richtungen besteht. Die Berechnung des Ausgangs  $y(t)$ , in (9) als  $a_0(t)$  bezeichnet, erfolgt unter Verwendung des Eingangs  $u(t)$ , welcher als Lösung von (13) gefunden wurde. Hierzu wird diese jetzt als neuer flacher Ausgang  $\tilde{u}$  des Systems an der Stelle  $r = r_a$  angesetzt. Die Verifikation ist dann erfolgreich, wenn der hierzu gefundene Eingangsverlauf  $\tilde{y}$  mit dem ursprünglichen Signal  $y(t)$  übereinstimmt. Abb. 2 verdeutlicht die Vorgehensweise. Im Vorwärtsfall ändern sich die Randbedingungen zu

$$H(r_a, t) = \tilde{u}(t) = a_0(t) \quad (16)$$

$$H(0, t) = \tilde{y}(t) \quad (17)$$

$$\frac{\partial}{\partial r} H(r, t) = a_1(t) = \tilde{u}_{ed}(t) \quad (18)$$

Hierzu wird die Substitution von  $r$  durch  $\rho = r - r_a$  vorgenommen um die Randbedingungen zu realisieren. Hierdurch ergibt sich der Potenzreihenansatz für die Vorwärtsrechnung zu

$$\tilde{H}(\rho, t) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i(t) \frac{\rho^i}{i!} \quad (19)$$

Unter Verwendung von (19) können die Randbedingungen (16) und (17) durch Einsetzen des äußeren Radius  $r_a$  folgendermaßen angegeben werden:

$$\begin{aligned} \tilde{H}(\rho, t) &= a_0 + a_1 \rho + a_2 \frac{\rho^2}{2} + \dots + a_N \frac{\rho^N}{N!} \\ \tilde{H}(0, t) &= H(r_a, t) = a_0(t) = \tilde{u}(t) \end{aligned} \quad (20)$$

Um die weitere Randbedingung (18) zu erfüllen ist die Einbeziehung der Stromdichte  $J$  erforderlich:

$$\frac{\partial}{\partial r} H(r, t) = J \quad (21)$$

Dies bedeutet, die Ableitung von (13) nach,  $r$  und Auswertung am Radius  $r_a$  ergibt  $\tilde{u}_{ed}$ , wie in (18) definiert. D.h., sie ist gleich der Wirbelstromdichte. Um den Wert für den Koeffizienten  $a_1$  in (18) zu erhalten, wird  $\rho$  folgendermaßen substituiert:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \rho} \tilde{H}(\rho, t) &= a_1 + a_2 \rho + \dots + a_N \frac{\rho^{N-1}}{(N-1)!} \\ \frac{\partial}{\partial \rho} \tilde{H}(0, t) &= \frac{\partial}{\partial r} \tilde{H}(r, t)|_{r_a} = a_1 = \tilde{u}_{ed}(t). \end{aligned} \quad (22)$$

Die PDE hat nun die Form

$$\tilde{H}' + (\rho + r_a) \tilde{H}'' - (\rho + r_a) \sigma \mu \tilde{H} = 0. \quad (23)$$

Zur Ermittlung der Koeffizienten  $a_i(t)$  werden die Potenzen von  $\rho$  in der gleichen Weise sortiert, wie für die Rückwärtsrechnung.

$$\begin{aligned} a_1 + a_2 r_a - \dot{a}_0 \sigma \mu r_a &= 0 \\ 2a_2 + a_3 r_a - \sigma \mu \dot{a}_0 - \dot{a}_1 \sigma \mu r_a &= 0 \\ 3a_3 + a_4 r_a - 2\sigma \mu \dot{a}_1 - \dot{a}_2 \sigma \mu r_a &= 0 \\ 4a_4 + a_5 r_a - 3\sigma \mu \dot{a}_2 - \dot{a}_3 \sigma \mu r_a &= 0 \end{aligned}$$

Eine Analyse dieses Systems zeigt, dass die Koeffizienten  $a_i(t)$  rekursiv berechnet werden können:

$$\begin{aligned} a_2 &= \sigma \mu \dot{a}_0 - \frac{a_1}{r_a} \\ a_{i+2} &= \frac{\sigma \mu (r_a \dot{a}_i + i \dot{a}_{i-1}) - (i+1) a_{i+1}}{r_a}, i \geq 1 \end{aligned} \quad (24)$$

Ein Vergleich mit der Lösung in [7], bei der ein Hohlzylinder betrachtet wurde, zeigt starke Ähnlichkeit mit der hier gefundenen, rekursiven Lösung. Daher kann der dortige Konvergenzbeweis übernommen werden und wird hier nicht neu ausge-

führt. In [7] wird durch Induktion gezeigt, dass die Gevrey Ordnung  $\alpha$  kleiner als 2 ist.

## 4 VERIFIKATION UND EXPERIMENTELLE ERGEBNISSE

In diesem Abschnitt wird die Vorwärts- und Rückwärtsrechnung für ein gewünschtes Bewegungsprofil des Ventilstößels durchgeführt. Die erforderliche Kraft, der magnetische Fluss und die erforderliche Feldstärke, d.h. der flache Ausgang  $y(t)$  wird vorab gemäß [6] berechnet. Durch Einsetzen von  $y(t)$  in (13) kann die erforderliche Eingangsgröße  $u(t)$ , d.h. die Feldstärke am äußeren Rand berechnet werden. Durch Setzen von  $u(t) = \tilde{u}(t)$  und Lösung von (19) unter Berücksichtigung von (24) ergibt sich  $\tilde{y}(t)$ . Es wird gezeigt werden, dass  $\tilde{y}(t)$  tatsächlich mit  $y(t)$  übereinstimmt, wodurch der Ansatz verifiziert wird.

### 4.1 Simulationsergebnisse der Rückwärts/Vorwärts Verifikation

Nach Voraussetzung muss  $y(t)$  eine flache Funktion mit Gevrey-Ordnung  $\alpha = 1 + 1/d$ ,  $d > 1$  [14] sein. Diese ist darstellbar durch

$$\Phi_d = \begin{cases} \exp\left(\frac{-1}{(1-t)^d}\right) & \text{falls } t \in [0, 1[ \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (25)$$

Eine präzise Definition einer flachen Funktion ist in [10] zu finden. Vereinfacht kann man sagen, eine Funktion heißt flach, wenn alle Ableitungen an den Rändern des betrachteten Zeitintervalls  $t = 0$  und  $t = T$  verschwinden. Außer für (hier nicht interessierende) konstante Funktionen kann diese Bedingung nur durch nicht-analytische Funktionen erfüllt werden. Für flache Funktionen muss sich in der Simulation eine exakte Übereinstimmung zwischen den Funktionen  $y(t)$  und  $\tilde{y}(t)$  ergeben. Dies ist in der Tat für die verwendete Gevrey Testfunktion (25), der Fall, wie aus Abb. 3 zu entnehmen ist. Dies verifiziert den Ansatz in der Simulation. Für die praktische Anwendung werden häufig Näherungen durch Polynome gebildet. Abb. 4 zeigt,



dass selbst diese Näherungen noch gute Übereinstimmungen liefern. Zu Beginn bei  $t \approx 0$  und am Ende bei  $t \approx T$  macht sich die Verletzung der Bedingung für eine flache Funktion durch Fehler bemerkbar.

### 4.2 Experimentelle Ergebnisse

Zur experimentellen Validierung wurden der oben beschriebene Ventilprototyp verwendet. Den Versuchsaufbau zeigt Abb. 5. Aus der Bewegungsgleichung

$$m_{sp}\ddot{z} = -c_{\mu}\dot{z} + F_{mag1} - F_{mag2} \tag{26}$$

läßt sich für eine gewünschte Trajektorie der erforderliche Verlauf der magnetischen Kraft ermitteln. Hierbei ist  $m_{sp}$  die Stößelmasse,  $F_{mag1}$ ,  $F_{mag2}$  sind die durch die jeweilige Spule erzeugten Kräfte.  $F_{mag1}$  erzeugt eine beschleunigende,  $F_{mag2}$  eine abbremsende Kraft. Diese kehren sich um, falls die Bewegung in der entgegengesetzten Richtung verläuft. Der Reibkoeffizient  $c_{\mu}$  für die viskose Reibkraft ist unbekannt und wurde experimentell ermittelt. Dieses ist der einzige Paramter, der nicht aus den Materialeigenschaften ermittelt wurde. Aus den Kräften kann der erforderliche magnetische Fluss und daraus das Signal für den flachen Ausgang  $y(t) = H(0, t)$  ermittelt werden. Damit ergibt sich das erforderliche Eingangssignal  $u(t) = H(r_a, t)$ . Hierbei werden beschleunigende und abbremsende Phase getrennt betrachtet. Der zur Erzeugung des Eingangssignals erforderliche Stromverlauf wird ebenfalls durch einen flachheitsbasierten Ansatz ermittelt [8], [6]. Die Stößelposition wird bei dem Prototypenventil durch eine einfache optische Messvorrichtung bestimmt, welche in das Ventil integriert wurde, wie in Abb. 5 zu sehen. Die Schaltzeit wurde zu  $5ms$  gewählt, welche vergleichsweise hoch ist, für die typischen Anwendungen des Ventils. Hierdurch sind jedoch weniger große Ströme erforderlich, so dass der Bereich der Sättigung vermieden wird und die Annahme eines konstanten  $\mu_r$  in grober Näherung gerechtfertigt ist. In diesem Experiment wird eine reine Steuerung ohne

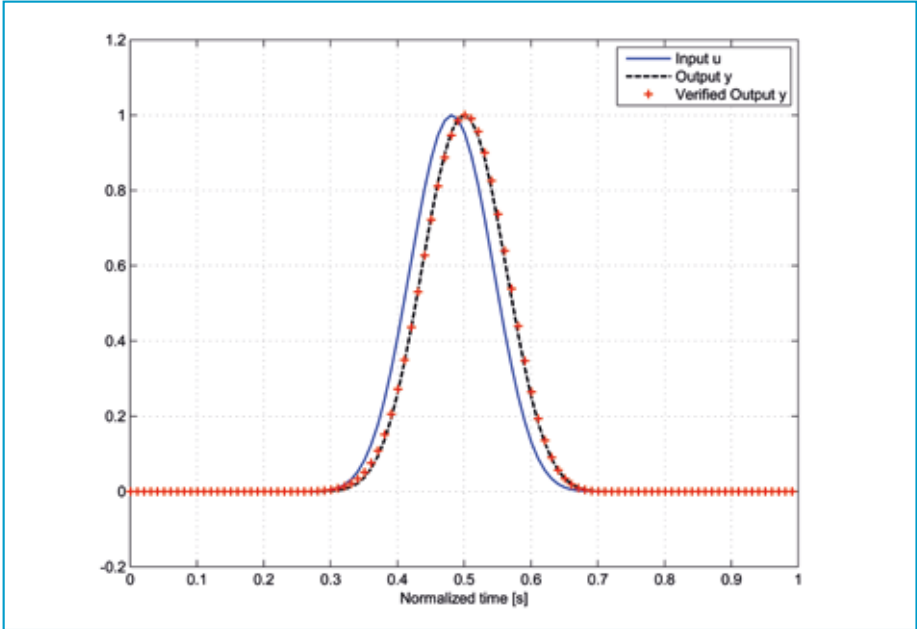


ABB. 3: Skalierte Testfunktionen: Ausgangsfunktion (schwarz), durch Rückwärtsrechnung ermittelte Eingangsfunktion (blau) und daraus durch Vorwärtsrechnung berechnete Ausgangsfunktion (rot +)

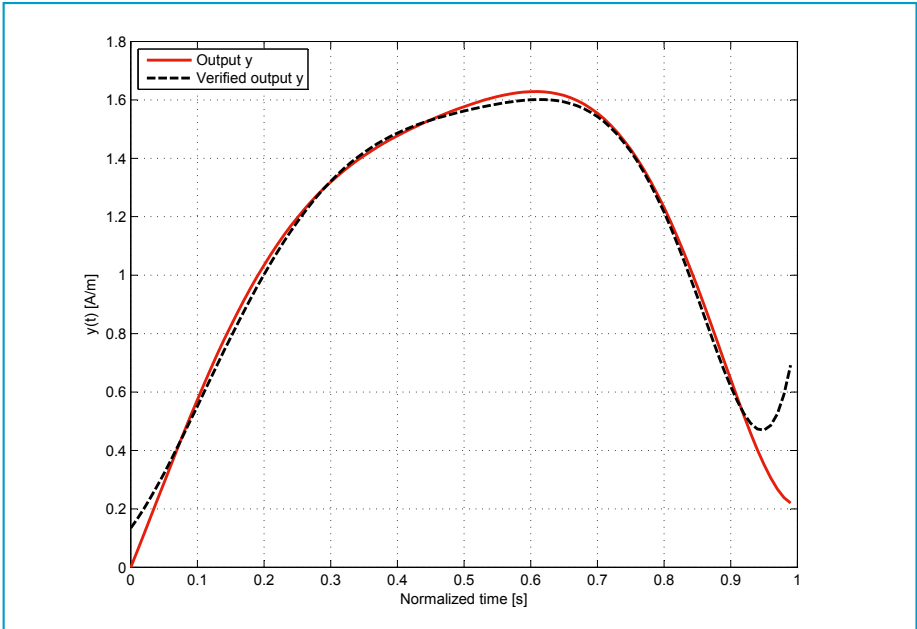


ABB. 4: Skalierte Funktionen für den magnetischen Fluß bei Verwendung eines Polynoms, statt einer flachen Funktion

Feedback betrachtet, um deren Qualität zu analysieren. In einer praktischen Anwendung ist aus Gründen der Robustheit selbstverständlich eine Stabilisierung der Bewegung durch einen Regler erforderlich.

Abb. 6 zeigt den berechneten Feldverlauf für die äußere Hülle des Zylinders (blau gestrichelt) und für den Kern (rot durchgezogen). Die durch die Felddiffusion erzeugte Verzögerung ist klar zu sehen. Durch die er-

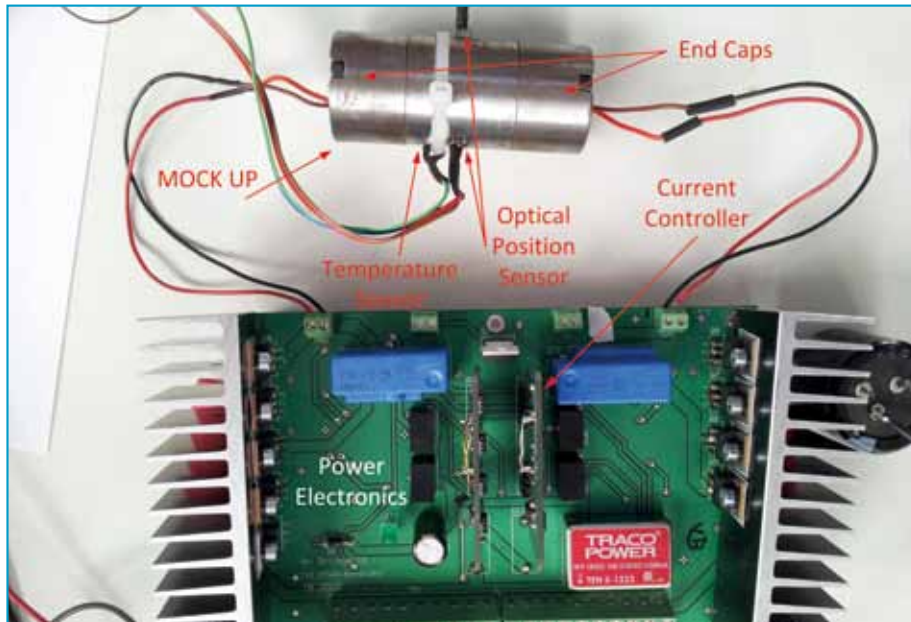


ABB. 5: Versuchsaufbau mit Ventilprototyp

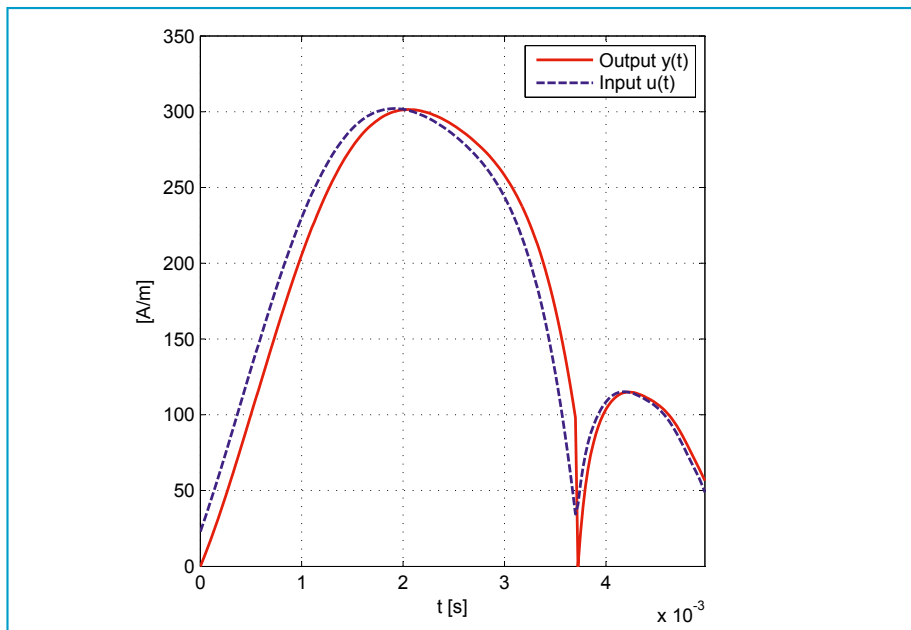


ABB. 6: Trajektorien des magnetischen Feldes auf der äußeren Hülle und im inneren Kern ( $r = 0$ )

hebliche Reibung wird eine deutlich höhere Kraft zur Beschleunigung als zum Abbremsen benötigt. Abb. 7 zeigt das vorgegebene und das tatsächliche Stromsignal. Der Strom wird mit Hilfe eines Chopper Reg-

lers auf der Platine der Leistungselektronik eingepreßt. Das schaltende Verhalten des Reglers erzeugt den dem Mittelwert des Stroms überlagerten Jitter. Der tatsächliche Strom wird dem Sollverlauf recht gut

nachgeführt, wobei eine kleine mittlere Abweichung erkennbar ist. In Abb. 8 ist ein Vergleich zwischen vorgegebener und tatsächlicher Bewegung des Stößels dargestellt. Die Störspitzen resultieren von der einfachen Positionsmessanordnung und können vernachlässigt werden.

### 4.3 Diskussion

Wie die Ergebnisse zeigen, wurde das Ziel, ein geeignetes Vorsteuersignal zu erzeugen, mit dessen Hilfe ein vorgegebenes Bewegungsprofil eingestellt werden kann erreicht. Hervorzuheben ist die Tatsache, dass zur Berechnung des kritischen magnetischen Systems nur die Materialkonstanten Permeabilität  $\mu$  und Leitfähigkeit  $\sigma$  notwendig sind. Die Abweichung sind äußerst klein während der Beschleunigungsphase und hinreichend klein während der Bremsphase. Das gewünschte Softlanding wird daher nahezu perfekt erreicht. Ein verbleibender schwacher Aufprall kann in Abb. 8 zum Zeitpunkt  $t = 4.95 \text{ ms}$  beobachtet werden. Im Hinblick auf die Verwendung einer reinen Vorsteuerung ist dieses Ergebnis erstaunlich. Insbesondere wenn man berücksichtigt, dass der Reibkoeffizient der einzige manuell abgestimmte Parameter ist. Die erforderlichen Ströme zeigen einen glatten Verlauf, was in Hinblick auf EMV Störungen Vorteile bringt und geringe Ansprüche an die zu verwendende Leistungselektronik stellt. Selbstverständlich ist der Steuerungsansatz weit von der erforderlichen Robustheit entfernt. Änderungen im Reibverhalten oder der Temperatur haben signifikanten Einfluß auf das Verhalten. Daher wird dieser Ansatz in der Praxis mit einem Regler kombiniert.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG UND ZUKÜNFTIGE ARBEITEN

In diesem Artikel wurde für einen Ventilprototypen ein systematischer Vorsteuerungsentwurf basierend auf der Theorie der differentiellen Flachheit unter Verwendung eines verteil-parametrischen Modells vorgestellt. Mit Hilfe einer Rückwärts- bzw.

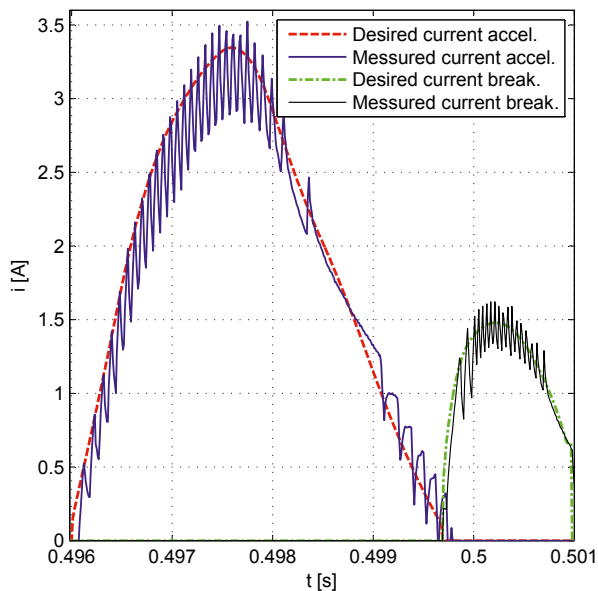


ABB. 7: Gewünschter und eingprägter Strom

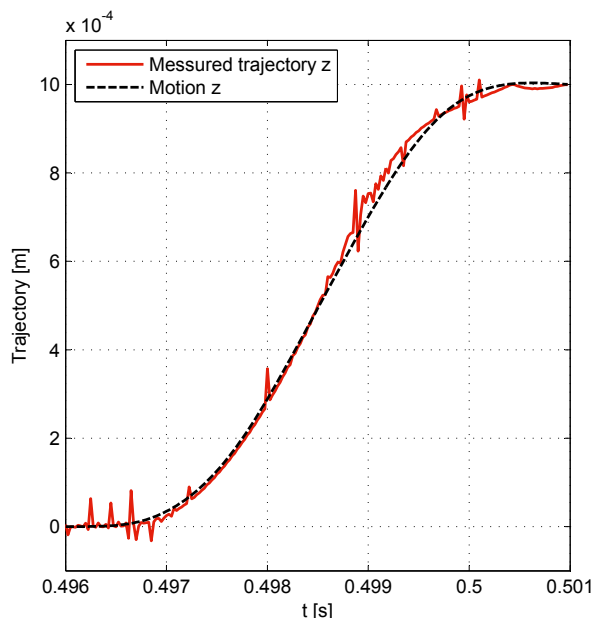


ABB. 8: Gewünschter (gestrichelt) und tatsächlich erzielltes Bewegungsprofil des Ventilstößels. Der Luftspalt beträgt 1 mm.

Vorwärtsrechnung konnte unter der Verwendung unabhängiger Lösungsansätze das Verfahren verifiziert werden. Im Gegensatz zur Literatur wurde hier statt

eines Hohlzylinders ein Vollzylinder verwendet. Die Ergebnisse konnten anhand physikalischer Experimente validiert werden. Es wurde gezeigt, dass diese Methodik

ein Werkzeug zur Verfügung stellt, das es ermöglicht, für gewünschte Bewegungsprofile elektromagnetischer Aktuatoren Ansteuersignale mit hoher Genauigkeit zu berechnen. Die Verwendung verteilt-parametrischer Modelle ist einerseits mathematisch schwieriger zu handhaben, hat aber in dem hier betrachteten Kontext einige wesentliche Vorteile. Zum einen werden die physikalischen Eigenschaften des Systems ohne heuristische Vereinfachungen modelliert, zum anderen ist die Anzahl der durch Messungen zu bestimmenden Parameter deutlich geringer. Dadurch können zeit- und kostenintensive Identifikationsprozesse vermieden werden. Speziell im Bereich des Rapid Control Prototypings bringt dies entscheidende Vorteile, da die Regelungsstrategien bereits ohne das Vorhandensein eines physikalischen Prototypen valide getestet werden können. Für praktische Anwendungen ausserhalb des Laborbereichs muss selbstverständlich Feedback integriert werden. Dies jedoch bringt die Problematik mit sich, dass zumindest die Position des Stößels sensorlos geschätzt werden muss, da aus Kosten- und Platzgründen sich der Einsatz von Positionssensorik in der Regel verbietet. Daher ist die sensorlose Positionserfassung ein weiterer Schwerpunkt innerhalb der Arbeitsgruppe Regelungstechnik des ISD, z.B. [16] [17]. Ein Nachteil des gezeigten Ansatz ist die Tatsache, dass bisher nur eine lineare PDE, d.h. in diesem Fall konstante Permeabilität betrachtet werden konnte. Die Einbeziehung der magnetischen B/H Kennlinie führt auf nichtlineare Differentialgleichungen, deren Handhabung deutlich komplizierter ist. Lösungen für diese Art von Problemstellungen werden zurzeit untersucht.

## 6 DANKSAGUNG

Die Autoren bedanken sich bei Prof. Rudolph von der Univ. Saarbrücken für hilfreiche Diskussionen und Prof. Zeitz von der Univ. Stuttgart für die Informationen zur Arbeit von [8].

## REFERENCES

- [1] J. G. Abrahamsen, P. Ennemark, and F. Jensen, „A novel electromagnetic model of a linear reluctance actuator,” in International Conference on Electrical Machines, 1994, pp. 414–419.
- [2] O. Bottauscio, A. Manzin, A. Canova, M. Chiampi, G. Gruosso, and M. Repetto, „Field and circuit approaches for diffusion phenomena in magnetic cores,” IEEE Transactions on Magnetics, vol. 40, no. 2, pp. 1322–1325, 2004.
- [3] M. Piron, P. Sangha, G. Reid, T. J. E. Miller, and D. M. Ionel, „Rapid computer-aided design method for fast-acting solenoid actuators,” IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 35, no. 5, 1999.
- [4] J. Reuter, S. Märkl, and M. Jäkle, „Optimized control strategies for fast switching solenoid valves,” International Journal of Fluid Power, vol. 11, no. 3, pp. 23–44, 2010.
- [5] F. Rey and J. Reuter, „Flatness-based state decomposition in magnetic flux channel models for solenoid valve control,” in accepted for publication at ACC12, 2012.
- [6] J. Reuter, „Flatness-based control of a dual coil electro-hydraulic actuator,” in IFAC Symposium on Mechatronics, 2006, pp. 48–54.
- [7] R. Rothfuss, U. Becker, and J. Rudolph, „Controlling a solenoid valve: A distributed parameter approach,” in Proc. Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS), 2000.
- [8] J. Köhler, „Steuerung eines magnetventils auf der basis eines modells mit örtlich verteilten parametern (unpublished),“ Stuttgart, 1999.
- [9] M. Fliess et al., „A distributed parameter approach to the control of a tubular reactor: a multi-variable case,” Conference on Decision and Control, 1998. Proceedings of the 37th IEEE, vol. 1, pp. 439–442, 1998.
- [10] J. Rudolph, „Beiträge zur flachheitsbasierten folgeregelung linearer und nichtlinearer systeme endlicher und unendlicher dimension,” Ph.D. dissertation, Universität, Aachen, 2003.
- [11] A. J. Schwab, Begriffswelt der Feldtheorie, 6th ed. Springer Verlag, 2002.
- [12] B. Laroche, P. Martin, and P. Rouchon, „Motion planing for the heat equation,” Int. Journal of Robust and Nonlinear Control, vol. 10, pp. 629–643, 2000.
- [13] J. Rudolph, Flatness based control of distributed parameter systems, 1st ed. Shaker Verlag, 2003.
- [14] B. Laroche, P. Martin, and P. Rouchon, „Motion planning for a class of partial differential equations with boundary control,” Conference on Decision and Control, 1998. Proceedings of the 37th IEEE, vol. 3, pp. 3494–3497, 1998.
- [15] K. Königsberger, Analysis 1, 1st ed. Springer Verlag, 1990.
- [16] M. Jäkle and J. Reuter, „Nonlinear observer for a dual coil solenoid valve,” in Proc. 13th Mechatronic Forum International Conference, JKU Linz, Austria, 2012, pp. 92–99.
- [17] F. Straussberger, M. Schwab, T. Braun, and J. Reuter, „Position estimation in electro-magnetic actuators using a modified discrete time class a/b model reference approach,” in submitted to American Control Conference 2014, 2014.

## FAKULTÄT ARCHITEKTUR UND GESTALTUNG

### FORSCHUNGEN ZUR NEUEREN ARCHITEKTURGESCHICHTE

Unter dem Aspekt einer zunehmenden Bedeutung des Bauens im Kräftefeld historischer Bausubstanz für den Architekten von heute, auch aber unter dem Aspekt eines erweiterbaren Spektrums der Architektentätigkeit nach Abschluss des Studiums, werden im Rahmen des Projektes die Grundlagen des architektonischen Wirkens in der Gegenwart untersucht, die aus den verschiedenen Architekturwegen, insbesondere des späten 19. und des 20. Jahrhunderts, hier bis in die fünfziger Jahre hinein, herausgefiltert werden sollen. Diese Forschungen zur Entstehung der modernen Architektur sollen die Notwendigkeit einer engen Verknüpfung verschiedener Disziplinen, etwa die der Bauingenieure, der Denkmalpfleger, der Historiker und der Architekten, aufzeigen sowie die Unabdingbarkeit der vertieften Kenntnis neuerer Architekturgeschichte zur Gestaltung einer aktuellen und doch über dem Fluss des Modischen stehenden Architektur, zur Ausbildung einer eigenen, genuine Formsprache.

**Prof. Dr. Immo Boyken**

Tel.: +49 (0)7531 206-199, +49 (0)7531 65849

E-Mail: boyken@htwg-konstanz.de

### WECHSELWIRKUNGEN BEI DER KOMMUNIKATION MIT GESCHRIEBENEM, PRÄSENTIERTEM UND BILDERN

Im Projekt werden die Fragestellungen untersucht: Welche Wechselwirkungen entstehen bei der Kommunikation mit Geschriebenem, Präsentiertem und Bildern? Wie geht eine Professionalisierung dieser Kommunikation vonstatten? Wie kann sie befördert werden, insbesondere bei der Vermittlung komplexer Sachverhalte wie in der Kommunikation von Wissenschaft und Technik?

**Prof. Dr. phil. Volker Friedrich**

Tel.: +49 (0)7531 206-659

E-Mail: fried@htwg-konstanz.de



### ENERGIEEFFIZIENTE BELEUCHTUNGSANWENDUNGEN MIT LEDS DURCH ANGEPASSTE OPTISCHE AUSKOPPELSYSTEME

Mit der Patentierung der Glühlampe legte Thomas Alva Edison im Jahre 1880 den Grundstein für die Einführung einer elektrischen Gebäudebeleuchtung. Deren Technologie ist nach wie vor die Grundlage für eine Vielzahl von Lösungen in der Beleuchtungstechnik. Die Glühlampe hat den Vorteil einer exzellenten Farbwiedergabe, der stufenlosen Dimmbarkeit und einem unproblematischen Ein- und Ausschaltverhalten. Die Energieeffizienz dieser Leuchtmittel ist jedoch sehr gering. Unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung wurde daher ein stufenweises Verkaufsverbot für Glühlampen innerhalb der Europäischen Union beschlossen. Alternative Leuchtmittel mit einer deutlich höheren Energieeffizienz sind beispielsweise Gasentladungs- oder Kompaktleuchtstofflampen (die sogenannten Energiesparlampen). Wenngleich diese als vollwertiger Ersatz für die Glühlampe propagiert werden, haben auch sie erhebliche Nachteile. Dies betrifft vor allem die Farbwiedergabe und das Einschaltverhalten. Ebenfalls nicht unproblematisch ist das in diesen Lampen enthaltene Quecksilber. Demgegenüber haben Leuchtdioden (LEDs) in den letzten Jahren eine erstaunliche Entwicklung erlebt. Eingeführt als einfarbige (monochrome) Lichtquellen kleiner Leistung, war ihre Anwendung zunächst auf Spezialgebiete, wie beispielsweise Anzeigen oder Skalenbeleuchtungen, beschränkt. Mit der Entwicklung der „weisen“ LED – zusammen mit einer erheblichen Leistungs- und Effizienzsteigerung haben diese Leuchtmittel nun das Potenzial, die obengenannten Alternativen zu ersetzen ohne dabei deren Nachteile zu übernehmen. Besonders interessant in diesem Zusammenhang sind die sogenannten Organischen LEDs (OLED). Diese Technologie befindet sich derzeit im Übergang von der Grundlagenforschung zur Anwendung und kann bereits in einigen Nischenbereichen (beispielsweise besonders brillante Displays von Mobiltelefonen) eingesetzt werden. Speziell diese Technologie besitzt das Potenzial, die Gebäudebeleuchtung grundlegend zu verändern. Es besteht daher ein großer und aktueller Bedarf, LEDs und OLEDs auch und speziell für die Einsatzfelder Innen- und Außenbeleuchtung weiterzuentwickeln. Bislang werden LEDs und die zugehörige Auskoppel- und Lichtformungsoptiken im Wesentlichen unabhängig voneinander entwickelt. In diesem Projekt soll eine Methodik für den Bau energieeffizienter Innen- und Außenbeleuchtung entwickelt werden. Dazu gehören alle systemrelevanten Aspekte wie das Design und die Herstellung hocheffizienter Freiformoptiken, Thermomanagement, mechanische Randbedingungen, Materialverhalten aber auch Randbedingungen zur Integration in Gebäude und Anlagen mit deren Beleuchtungs- und Energiekonzepten.

**Prof. Dr. Thomas Stark**

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: thomas.stark@htwg-konstanz.de

### ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN

Baunetz Wissen Solar: Das größte deutschsprachige Online-Portal für Architekten dient als Informationsplattform für das aktuelle Baugeschehen und wird als Nachschlagewerk für die Planung genutzt.



Das Wissensportal zum Thema Solares Bauen wird vom Fachgebiet Energieeffizientes Bauen inhaltlich betreut. Ziel ist die Vermittlung aktueller Entwicklungen in Forschung und Praxis an Architekten, Studenten und Interessierte. Energieanalysen (HAWK Hildesheim, Greenpeace Hamburg, Probsteikirche Leipzig): Die Energieuntersuchungen sind eine Hilfestellung für Architekturbüros im Wettbewerb. Im Auftrag gegeben vom Wettbewerbsauslober, stellt die Untersuchung die Möglichkeiten der Energienutzung und -produktion am Grundstück übersichtlich und ansprechend dar.

**Prof. Dr. Thomas Stark**

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: [thomas.stark@htwg-konstanz.de](mailto:thomas.stark@htwg-konstanz.de)

#### SOLAR-DECATHLON 2012

Die Hochschule Konstanz erarbeitet einen Wettbewerbsbeitrag zum Solar Decathlon Europe 2012. Entsprechend den Regularien des Wettbewerbs wird ein energieautarkes Solarhaus mit Wohnnutzung entwickelt, in Konstanz gebaut, dann zerlegt nach Madrid transportiert und endgültig aufgebaut. Im Rahmen dieses Projektes wird das Ziel verfolgt, zukunftsweisende Ansätze für Null- und Plusenergiegebäude zu erforschen. Ein wichtiger Aspekt ist eine möglichst hohe Übertragbarkeit der realisierten Lösung auf andere Bauaufgaben. Ziel ist, ein Gebäude zu entwickeln, das über den Wettbewerbszeitraum hinaus eine wertvolle Funktion übernimmt. Im Anschluss an die Wettbewerbsphase wird das Haus als Lehr-, Demonstrations- und Forschungsgebäude für Energieeffizientes Bauen der HTWG Konstanz genutzt. Dies wird sowohl über die Struktur des Bauwerks (flexible Grundstruktur mit Umnutzungskonzept sowie „plug-and-play-Fassade“) als auch über den Standort (direkt am Campus) sichergestellt.

**Prof. Dr. Thomas Stark**

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: [thomas.stark@htwg-konstanz.de](mailto:thomas.stark@htwg-konstanz.de)

#### WE.SEARCH – COMMUNITY BASED RESEARCH PLATFORM

Im Projekt »We.search« werden Motivation, Arbeitsweise und soziale Hintergründe von Designforschern untersucht. Die Ergebnisse dienen dazu, eine internetbasierte Such- und Austauschplattform für Designforscher zu schaffen.

**Prof. Brian Switzer**

Tel.: +49 (0)7531 206-853

E-Mail: [switzer@htwg-konstanz.de](mailto:switzer@htwg-konstanz.de)

## FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

#### BÜRO-EFFIZIENZ

Im Projekt wird untersucht, welchen Einfluss bauphysikalische Parameter (Schall, Licht, Wärme, Luftfeuchtigkeit etc.) auf die Arbeitsleistung und das Befinden der Nutzer von Büros haben. Dabei wird die

Wechselwirkung der bauphysikalischen Einflussparameter, Arbeitsabläufe und Arbeitsorganisation untersucht.

**Prof. Dr. Bernd Jödicke**

Tel.: +49 (0)7531 206-345

E-Mail: [joedicke@htwg-konstanz.de](mailto:joedicke@htwg-konstanz.de)

#### MULTISPECTRAL-SCANKAMERA

Ziel der Kooperation ist es, die Kompetenzen der HTWG Konstanz im Bereich Farb- und Lichtmesstechnik mit den Fähigkeiten eines Unternehmens zu vereinigen, um so schneller neue Anwendungen und Produkte im Bereich Farb-Kamera Scantechnik umsetzen zu können.

**Prof. Dr. Bernd Jödicke**

Tel.: +49 (0)7531 206-345

E-Mail: [joedicke@htwg-konstanz.de](mailto:joedicke@htwg-konstanz.de)

#### WEGGESTEUERTE ABNAHMEPRÜFUNGEN AN ZEMENT- GEBUNDENEN STABILISIERUNGSSÄULEN

Es werden Bauwerke bzw. Teile von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus auf Schäden untersucht, die die Gebrauchstauglichkeit oder die Tragfähigkeit vermindern könnten. Vorwiegend handelt es sich dabei um drei Gruppen von Schadensursachen: Planungs- oder herstellungsbedingte Mängel bei Neubauten, Mängel und Bauschäden infolge witterungsbedingter Einflüsse, Materialermüdung und Abnutzung, vorwiegend an älteren Bauwerken und Brandschäden. Die Zustandserfassung ist in der Regel mit verschiedenen Untersuchungen vor Ort verbunden, wie z.B. Messung der Karbonatisierungstiefe, Messung der vorhandenen Betonüberdeckung, Messung der Eindringtiefe von Chloriden, und die zerstörungsfreie Bestimmung der vorhandenen Druck- bzw. Haftzugfestigkeiten von Bauteilen vor Ort. Ferner werden an betroffenen Stellen Materialproben für weitere Untersuchungen im Labor entnommen. An diesen Proben können z.B. die Feuchte, die Wassereindringtiefe, die Festigkeit, die chemische Zusammensetzung, der Gehalt an wasserlöslichen Salzen und eventuelle Auffälligkeiten im Gefüge untersucht werden. Die vor Ort und an den entnommenen Proben bestimmten Kennwerte werden ausgewertet und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Gebrauchs- bzw. Tragfähigkeit des Bauwerks bewertet.

**Prof. Dr. Wolfgang Reitmeier**

Tel.: +49 (0)7531 206-224

E-Mail: [reitmeier@htwg-konstanz.de](mailto:reitmeier@htwg-konstanz.de)

#### 5D-KONFERENZ

The international 5D Conference will take place at the University of Applied Sciences in Constance. Representatives of the construction industry will present their current experiences and skills in applying 5D model-based process integration in practice. Their aim is to discuss the current status of model-based processes and to debate on future developments and envisioned goals. This way we can proactively shape the future of the construction industry. To stimulate a healthy exchange of ideas during this debate and benefit from

both practice as well as research experience; we also invited some universities.

**Prof. Dr. Uwe Rickers**

Tel.: +49 (0)7531 206-716

E-Mail: [uwe.rickers@htwg-konstanz.de](mailto:uwe.rickers@htwg-konstanz.de)

#### **KLIMOPASS: MODELLHAFT ANPASSUNGEN AN DEN KLIMAWANDEL**

Ziel des Projektes ist es, für die Energiewirtschaft – auf Basis der sich durch den Klimawandel ändernden Energiebereitstellung – gegenwärtige und zukünftige Wassernutzungskonkurrenzen im Einzugsgebiet des Neckars zu identifizieren, zu analysieren und zu vergleichen. In der Projektphase 1 wird eine zusammenfassende Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Energiewirtschaft vorgenommen und hinsichtlich der Relevanz für Baden-Württemberg untersucht und dargestellt. In der Phase 2 werden die Erkenntnisse hinsichtlich der energiewirtschaftlichen Wassernutzung weiterentwickelt. Hierfür werden eine Analyse und Projektion von Wassernutzungskonkurrenzen unter Klimawandelbedingungen vorgenommen. In der abschließenden Phase 3 erfolgen eine neue Abschätzung der Relevanz der zukünftigen energiewirtschaftlichen Wassernutzung in Baden-Württemberg sowie eine Erarbeitung von modellhaften Anpassungsoptionen an den Klimawandel.

**Prof. Dr. Benno Rothstein**

Tel.: +49 (0)7531 206-714

E-Mail: [rothstein@htwg-konstanz.de](mailto:rothstein@htwg-konstanz.de)

#### **KLIWAS – AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF WASSERSTRASSEN UND SCHIFFFAHRT – UNTERSUCHUNGEN ZUM UNTERNEHMERVERHALTEN AKTUELLER POTENZIELLER NUTZER DER BINNENWASSERSTRASSE ELBE**

In dem von der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG) finanzierten Projekt KLIWAS 4.01.4 Elbe werden die in den Jahren 2007 bis 2011 bereits am Rhein durchgeführten Untersuchungen bis Ende 2013 auf die Elbe übertragen. In einem interdisziplinären Ansatz werden hierbei die Auswirkungen des Klimawandels auf die Elbe, die Binnenschifffahrt auf der Elbe und die anliegende verladende Wirtschaft analysiert. Hierzu werden zum einen Unternehmensbefragungen, Medienanalysen, statistische Untersuchungen und Literaturanalysen durchgeführt, die Auskunft über die Entwicklung in der Vergangenheit und den Status quo geben. Zum anderen werden von der BFG errechnete Fahrrinnentiefenänderungen herangezogen, um belastbare Abschätzungen über die zukünftige Entwicklung der Binnenwasserstraße Elbe zu erhalten. Zudem werden Vergleiche zu den Ergebnissen der Untersuchungen am Rhein gezogen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die sehr unterschiedlich strukturierten Industrielandschaften an beiden Flüssen darzustellen.

**Prof. Dr. Benno Rothstein**

Tel.: +49 (0)7531 206-714

E-Mail: [rothstein@htwg-konstanz.de](mailto:rothstein@htwg-konstanz.de)

#### **KOMPETENZZENTRUM ENERGIEWENDE KONSTANZ**

Das Projekt verfolgt das Ziel, mit Hilfe einer Servicestelle vorhandene Kompetenzen im Bereich der nachhaltigen Energieversorgung von Gebäuden, Kommunen und Regionen an der Hochschule Konstanz professionell zu bündeln und mit externen Experten z.B. aus Unternehmen, Stadtverwaltung und Gesellschaft zusammenzubringen. In einem partizipativen Prozess werden Konstanzer Problemstellungen identifiziert und Kristallisationspunkte für interdisziplinäre, sektorübergreifende Projektteams geschaffen. Entstehende Projektteams werden durch die Servicestelle bei der transdisziplinären Zusammenarbeit methodisch begleitet und insbesondere bei der Organisation von Projektfinanzierungen unterstützt. Das Projekt soll so die Grundlage für innovative, integrierte anwendungsorientierte Forschungsprojekte zur Energiewende in der Region Konstanz verbessern. Es schafft eine Infrastruktur für die Stärkung des Beitrags der Hochschule Konstanz zur Energiewende in der Region.

**Prof. Dr. Maïke Sippel**

Tel.: +49 (0)7531 206-707

E-Mail: [maike.sippel@htwg-konstanz.de](mailto:maike.sippel@htwg-konstanz.de)

#### **FEMBAU – FINITE-ELEMENT-MODELLIERUNG IM KONSTRUKTIVEN INGENIEURBAU**

Im Projekt FEMBAU werden Konzepte zur Modellierung von Tragwerkselementen des konstruktiven Ingenieurbaus für die Finite-Element-Methode entwickelt. Darüber hinaus werden Tools für den Einsatz neuer Medien für die Vermittlung der Finite-Element-Methode in der Lehre konzipiert.

**Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle**

Tel.: +49 (0)7531 206-212/164

E-Mail: [werkle@htwg-konstanz.de](mailto:werkle@htwg-konstanz.de)

#### **SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN BAUPRODUKTEN**

In diesem Arbeitsbereich sind Prüfaufträge an Bauprodukten zusammengefasst, die nicht im Rahmen der von der Bauaufsicht geforderten Güteüberwachung, sondern im Auftrag im Zusammenhang mit speziellen Baumaßnahmen oder mit der Entwicklung neuer Bauprodukte durchgeführt werden. Beispiele hierfür sind Spezialprüfungen an Styroporblöcken, die bei Dammschüttungen im Straßenbau verwendet werden, Spezialprüfungen an glasfaserverstärkten Betonelementen, an Schalungsankern, Verwahrkästen (Abschalelemente mit Anschlussbewehrung), neu entwickelten Estrichen, Festigkeitsprüfungen an Gewebeschnüren, Spezialprüfungen an Natursteinen etc. Meist handelt es sich dabei um neu entwickelte Bauprodukte, die im Auftrag der Hersteller auf bestimmte Eigenschaften und Eignungen hin untersucht werden sollen. Da es sich hier oft nicht um Standardprüfungen handelt, für die es Prüfnormen gibt, müssen nicht selten geeignete Prüfverfahren entwickelt werden.

**Prof. Franz Zahn PhD**

Tel.: +49 (0)7531 206-216

E-Mail: [zahn@htwg-konstanz.de](mailto:zahn@htwg-konstanz.de)

## ZUSTANDSERFASSUNG UND BEGUTACHTUNG VON BAUTEILEN UND BAUSTOFFEN DES HOCH- UND TIEFBAUS

Im Auftrag werden Bauwerke bzw. Teile von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus auf Schäden untersucht, die die Gebrauchstauglichkeit oder die Tragfähigkeit vermindern könnten. Vorwiegend handelt es sich dabei um drei Gruppen von Schadensursachen: Planungs- oder Herstellungsbedingte Mängel bei Neubauten, Mängel und Bauschäden infolge Witterungsbedingter Einflüsse, Materialermüdung und Abnutzung, vorwiegend an älteren Bauwerken, und Brandschäden. Die Zustandserfassung ist in der Regel mit verschiedenen Untersuchungen vor Ort verbunden, wie z.B. Messung der Karbonatisierungstiefe, Messung der vorhandenen Betonüberdeckung, Messung der Eindringtiefe von Chloriden und die zerstörungsfreie Bestimmung der vorhandenen Druck- bzw. Haftzugfestigkeiten von Bauteilen vor Ort. Ferner werden an betroffenen Stellen Materialproben für weitere Untersuchungen im Labor entnommen. An diesen Proben können z.B. die Feuchte, die Wassereindringtiefe, die Festigkeit, die chemische Zusammensetzung, der Gehalt an wasserlöslichen Salzen und eventuelle Auffälligkeiten im Gefüge untersucht werden. Die vor Ort und an den entnommenen Proben bestimmten Kennwerte werden dann ausgewertet und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Gebrauchs- bzw. Tragfähigkeit des Bauwerks bewertet.

**Prof. Franz Zahn PhD**

Tel.: +49 (0)7531 206-216

E-Mail: [zahn@htwg-konstanz.de](mailto:zahn@htwg-konstanz.de)

## FAKULTÄT ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

### SIMULATION

Validierung und Weiterentwicklung von Simulationstools zur Prozessverbesserung.

**Prof. Dr. Thomas Birkhölzer**

Tel.: +49 (0)7531 206-239

E-Mail: [birkh@htwg-konstanz.de](mailto:birkh@htwg-konstanz.de)

### CODIERUNGSVERFAHREN ZUR STEGANOGRAPHIE

Steganographie ist der Überbegriff für Verfahren zum Einbetten verborgener Informationen in Bilder oder Audio-Dateien. Die verborgenen Informationen dienen z.B. als Urheberrechtsschutz (Stichwort: digitale Wasserzeichen). In diesem Vorhaben sollen spezielle Verfahren für die Steganographie bei Sprachdaten entwickelt werden. Ziel ist dabei die Einbettung von Parametern zur Sprachcodierung in Sprachdaten, wie sie z.B. über das herkömmliche Telefonnetz übertragen werden. Mit den detektierten Parametern kann die Qualität der übertragenen Sprache auf der Empfangsseite deutlich verbessert werden. Durch das Einbetten der Information in die herkömmlichen Sprachdaten kann dies ohne Einfluss auf bestehende Netze und Endgeräte geschehen. Die Verfahren der Steganographie benötigen Methoden aus dem

Bereich der Kanalcodierung. Eine zu versteckende Nachricht wird beispielsweise durch Verwendung von speziellen Spreizcodes in das Audiosignal encodiert, so dass die Veränderung für den Menschen nicht wahrnehmbar ist. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung geeigneter Spreizcodes für geringe Datenraten zur Einbettung der versteckten Nachricht. Diese Codes müssen robust gegen Fehler sein, die bei der Übertragung von Sprachdaten auftreten. Dies soll im Rahmen einer zweijährigen Untersuchung an der HTWG Konstanz durchgeführt werden. Dabei geht es vor allem darum, neue Wege zu finden, um die mathematischen und physikalischen Methoden aus dem Bereich der Zahlentheorie und Gruppentheorie zu kombinieren und neue Abbildungsvorschriften für die Codierung zu entwickeln.

**Prof. Dr. Jürgen Freudenberger**

Tel.: +49 (0)7531 206-631

E-Mail: [jfreuden@htwg-konstanz.de](mailto:jfreuden@htwg-konstanz.de)

### VERFAHREN ZUR SIGNALKOMBINATION VERTEILTER MIKROFONE

In vielen Anwendungen, wie beim Telefonieren mit Freisprecheinrichtungen oder bei der Sprachbedienung in Fahrzeugen werden die durch Mikrofone aufgenommenen Sprachsignale durch Geräusche und Raumhall überlagert. Diese Überlagerungen werden in der Regel als sehr störend empfunden, verschlechtern die Sprachqualität und Verständlichkeit. Daher werden schon heute vielfach mehrkanalige Verfahren zur Unterdrückung dieser Störungen eingesetzt. Die Mikrofone sind dabei in der Regel in sogenannten Beamformer-Arrays in relativ geringem Abstand angebracht. Durch eine Vergrößerung des Mikrofonabstands kann die Leistungsfähigkeit der Geräusch- und Hallunterdrückung erheblich gesteigert werden. Jedoch erschwert sich dadurch auch die Kombination der Mikrofonsignale. Im Bereich der Nachrichtenübertragung werden zur Kombination von Antennensignalen häufig Verfahren zum Diversity-Combining genutzt. Durch eigene Arbeiten zur mehrkanaligen Geräuschreduktion konnte gezeigt werden, dass sich Diversity-Combining auch gewinnbringend auf Sprachsignale anwenden lässt. Dabei werden gerade die unterschiedlichen Signalbedingungen ausgenutzt. Ziel dieses Vorhabens ist die Verallgemeinerung und Erweiterung der Diversity-Verfahren auf andere Anwendungsfelder. Es sollen Verfahren entwickelt werden, die ein oder mehrere gewünschte Sprachsignale aus den Mikrofonsignalen einer verteilten Mikrofonanordnung extrahieren. Dabei sind die Mikrofonsignale durch Raumhall und Geräusche gestört. Anwendungsfälle sind beispielsweise das Freisprechen in Fahrzeugen oder mit Telefonkonferenzsystemen und Hörgeräte.

**Prof. Dr. Jürgen Freudenberger**

Tel.: +49 (0)7531 206-631

E-Mail: [jfreuden@htwg-konstanz.de](mailto:jfreuden@htwg-konstanz.de)

### FLASHCONTROLLER

Ziel des Projektes im Rahmen dieses ZIM Vorhabens ist es, einen Flashcontroller zu entwickeln, der die heute wichtigste Schnittstelle im industriellen Markt bedient und gleichzeitig den Einsatz der jeweils

besten und effizientesten NAND Flashbausteine ermöglicht. Es handelt sich dabei um die Compact Flash/Parallel ATA Schnittstelle zum Host unter dem Einsatz einer internen Fehlerkorrektur zur Beseitigung von Fehlern, welche im NAND Flashbaustein entstehen. Diese Fehlerhäufigkeit hat in den vergangenen Jahren drastisch zugenommen und verlangt nach einem neuen, effizienten Ansatz. Dieser Ansatz muss sowohl eine hohe Flexibilität als auch einen geringen Flächenverbrauch im Chip sicherstellen. Diese Fehlerkorrektur ist entscheidend für den zukünftigen Markterfolg, da nur hierdurch eine kosteneffiziente und leistungsfähige Lösung in den Markt gebracht werden kann. Die HTWG Konstanz hat hier ein einzigartiges Know-how, welches die Entwicklungszeit und damit die Markteinführung wesentlich schneller ermöglicht. Der Projektbeitrag der Hochschule zum geplanten Vorhaben ist die Entwicklung und Implementierung einer Hardware-Architektur, welche in den Controller integriert wird.

**Prof. Dr. Jürgen Freudenberger**

Tel.: +49 (0)7531 206-631

E-Mail: [jfreuden@htwg-konstanz.de](mailto:jfreuden@htwg-konstanz.de)

#### ENTWICKLUNG EINER FLEXIBLEN FEHLERKORREKTUR FÜR FLASH-SPEICHER

Flash-Speicher wurden ursprünglich als Speichermedium für Digitalkameras entwickelt. Inzwischen finden sie in vielen Bereichen Anwendung, so sind Flash-Speicher in Form von Solid State Drives heute schon direkte Konkurrenten zur magnetischen Datenspeicherung auf Festplatte und könnten diese in den nächsten Jahren im Bereich der Personalcomputer weitgehend ablösen. Fehlerkorrekturverfahren sind für einen zuverlässigen Einsatz von Flash-Speichern unabdingbar. Im Rahmen dieser Kooperation wird ein Flashcontroller mit sehr leistungsfähiger Fehlerkorrektur entwickelt.

**Prof. Dr. Jürgen Freudenberger**

Tel.: +49 (0)7531 206-631

E-Mail: [jfreuden@htwg-konstanz.de](mailto:jfreuden@htwg-konstanz.de)

#### MIKROFON-DIVERSITÄTSVERFAHREN ZUR VERBESSERUNG DER SPRACHERKENNUNG IN SPRACHBEDIENSYSTEMEN

Bei der automatischen Spracherkennung werden unter akustisch günstigen Bedingungen bereits hervorragende Erkennungsraten erzielt. Umweltgeräusche wie Fahrgeräusche im Auto oder Windgeräusche im Freien beeinträchtigen die Erkennungsleistung allerdings erheblich. Daher werden in Sprachbediensystemen für das Kfz oder für tragbare Computer Geräuschunterdrückungsverfahren eingesetzt. Solche Verfahren werden auch in Telefonfreisprecheinrichtungen und Hörgeräten benötigt. Im Bereich der tragbaren Computer werden üblicherweise Geräuschunterdrückungsverfahren verwendet, die mit nur einem Mikrofon auskommen. Diese einkanaligen Verfahren können jedoch instationäre Störungen, z.B. durch andere Sprecher, die die Erkennungsleistung besonders beeinträchtigen, nicht wirkungsvoll unterdrücken. Im Automobil sind Mikrofonarrays mit zwei bis vier Arrays im Einsatz. Solche Beamformer-Anordnungen sind jedoch für

den Einsatz mit tragbaren Geräten oder Headsets ungeeignet. Aber auch beim Einsatz im PKW stellen Beamformer noch keine optimale Lösung zur Geräuschreduktion dar. So ist zum Beispiel die erzielbare Störgeräuschunterdrückung stark von der Sitzposition und damit von der Sprechergröße abhängig. Selbst adaptive Mikrofonarrays sind in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt, weil das Array in der Regel konzentriert an einer Position eingebaut ist, die wiederum nicht für alle Sitzpositionen optimal ist. Störungen aus der Richtung des Nutzsignals, z.B. durch Insassen auf der Rückbank, können mit einer üblichen Array-Anordnung nicht unterdrückt werden. Ziel des Forschungsprojektes ist es, den Einfluss von Umweltgeräuschen auf Freisprecheinrichtungen und auf die Spracherkennung zu reduzieren. Hierbei steht die Anwendung in eingebetteten Systemen im Vordergrund. Insbesondere soll die Geräuschunterdrückung in Sprachbediensystemen und in Freisprecheinrichtungen im Auto und in tragbaren Computern zum Einsatz kommen. Das entsprechende Geräuschunterdrückungsverfahren muss sich daher durch eine geringe Komplexität auszeichnen. Dennoch muss es in sehr unterschiedlichen Geräuschkulissen einsetzbar sein. Als Lösung wird ein Mikrofon-Diversitätsverfahren untersucht. Dabei werden mindestens zwei Mikrofone so positioniert, dass sie möglichst unterschiedliche Störungen erfahren. So kann zum Beispiel beim Einsatz eines Headsets ein Mikrofon auf jeder Kopfseite positioniert werden. Das Signal für die Spracherkennung wird durch geeignete Kombination der Mikrofonsignale gewonnen. Die Kombination wird im Frequenzbereich durchgeführt. Falls ein Frequenz-Zeit-Punkt eines der Mikrofonsignale stärker gestört ist als der des anderen, wird der bessere Kanal ausgewählt. Sind beide Kanäle ähnlich stark gestört, wird die Information beider Kanäle benutzt, um eine optimale Geräuschunterdrückung zu erreichen.

**Prof. Dr. Jürgen Freudenberger**

Tel.: +49 (0)7531 206-647

E-Mail: [jfreuden@htwg-konstanz.de](mailto:jfreuden@htwg-konstanz.de)



### INTERNETBASIERTE ARCHITEKTUR FÜR LOKALE GNSS-KOMPONENTEN

Mit lokalen Komponenten wird bei globalen Navigationssatellitensystemen (Global Navigation Satellite System, GNSS) wie GPS, GLO-NASS und GALILEO das Leistungsangebot des Dienstes vor Ort für meist professionelle Nutzer ergänzt (Mehrwertdienste). Durch die Bestimmung und Verbreitung differenzieller Korrekturdaten, lokaler Integritätsinformation oder zusätzlicher Signale z.B. durch Pseudolites wird eine Verbesserung der Leistungsparameter von Satellitennavigationslösungen bezüglich Genauigkeit, Verfügbarkeit und Integrität in einem lokal begrenzten Einsatzgebiet erreicht. Derzeit in Deutschland verfügbare Dienste wie beispielsweise der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS) oder der privatwirtschaftliche Dienst ASCOS basieren, in ihrer technischen Implementierung, aus einem Netz von Referenzstationen, das über Kommunikationsverbindungen (meist Standleitungen) mit einem oder mehreren Kontrollzentren verbunden ist. In Kooperation mit der Alberding GmbH, dem Department of Telecommunications der AGH University of Science and Technology (Krakau/Polen) und mit Unterstützung der Siemens AG (Industrial Solutions and Services) wird eine erweiterbare internetbasierte redundante Architektur für lokale GNSS-Komponenten (Verbreitung differenzieller Korrekturdaten und lokaler Integritätsinformation) entwickelt. Diese Architektur soll als reine Serverlösung, einsatzfähig auf dedizierten Servern (Mietserver/Root-Server), mit für Internetdienste gängigen Technologien wie beispielsweise Linux, Apache, MySQL, PHP oder Perl als Prototyp, mit dem zukünftige Entwicklungen auf dem Gebiet der lokalen GNSS-Dienste entwickelt und getestet werden können, implementiert werden.

**Prof. Dr. Harald Gebhard**

Tel.: +49 (0)7531 206-270

E-Mail: [harald.gebhard@htwg-konstanz.de](mailto:harald.gebhard@htwg-konstanz.de)

### 3-STUFEN-PULSWECHSELRICHTER MIT ENTLASTUNGS-Netzwerk

Im Projekt wird ein 3-Stufen-Pulswechselrichter mit einem neuartigen Entlastungsnetzwerk entwickelt. Mit der Schaltungsanordnung werden Schaltverluste vermieden und der Wirkungsgrad gesteigert.

**Prof. Dr. Manfred Gekeler**

Tel.: +49 (0)7531 206-220

E-Mail: [gekeler@htwg-konstanz.de](mailto:gekeler@htwg-konstanz.de)

### DEVELOPMENT OF A WATTMETER DEVICE FOR MEASURING INDUCTOR LOSSES BY NONSINUSOIDAL CURRENT

Gegenstand des Projektes ist die Erarbeitung theoretischer Grundlagen zur Entwicklung und Erprobung eines Prototyps eines neuartigen Wattmeters (Leistungsmessgerätes) für die Ermittlung von Verlustleistung in induktiven Bauelementen bei nicht sinusförmiger Bestromung.

**Dr. Alexander Kirjuchin**

Tel.: +49 (0)7531 206-236

E-Mail: [kirjuch@htwg-konstanz.de](mailto:kirjuch@htwg-konstanz.de)

### INVESTIGATION OF THE MATERIAL OF PERMANENT MAGNETS AND DEVELOPMENT OF METHODS TO INCREASE THE RELIABILITY OF PREMAGNETIZATION OF INDUCTIVITIES

Aim of the project is to find out the maximum frequency and flux density for those magnetic materials, which are appropriate to premagnetization and maintain remanence.

**Dr. Alexander Kirjuchin**

Tel.: +49 (0)7531 206-236

E-Mail: [kirjuch@htwg-konstanz.de](mailto:kirjuch@htwg-konstanz.de)

### EIGENDIAGNOSE UND PROGNOSTIK FÜR MAGNETAKTUATOREN

Elektromagnetische Aktuatoren in Form von Hubmagneten oder Schaltventilen kommen in einer Vielzahl von technischen Anwendungen, z.B. in Aufzügen, Kraftwerken, hydraulischen Ventilen, Hochspannungsschaltern Gaswechselventilen etc., zum Einsatz. Wesentliches Merkmal ist, dass diese Aktuatoren eine immense Anzahl von Schaltzyklen durchlaufen müssen. Je nach Anwendungsgebiet können Hubmagnete einige Millionen, Schaltventile bis zu einer Milliarde Schaltspiele erreichen. Mechanische, thermische und elektrische Beanspruchungen sorgen dafür, dass die Aktuatoren einem gewissen Verschleiß und damit einer begrenzten Lebensdauer unterliegen. Das Projekt dient der Erforschung von Merkmalen während des Betriebs leicht messbarer physikalischer Größen, die Aufschluss über den aktuellen Status (State of Health, SoH) des Aktuators geben. Als weiterer innovativer Aspekt sollen darüber hinaus Möglichkeiten untersucht werden, den weiteren Verlauf des SoH zu prognostizieren. Hierdurch wird der Übergang von einer reaktiven Instandhaltung zu wesentlich effizienteren, zustandsorientierten Wartungsstrategien ermöglicht, da diese Magnetaktuatoren die Fähigkeiten einer Selbstdiagnose erlangen. In sicherheitsrelevanten Anwendungen können dadurch intelligente Selbstschutzmechanismen implementiert und Störfälle minimiert werden. Neben einer signifikanten Senkung von Wartungskosten werden somit auch die Verfügbarkeit und Sicherheit ganzer Systeme erhöht. In zukünftigen Projekten können die Prognosemodelle und Analyseverfahren auf weitere magnetische Systeme, wie z.B. elektrische Antriebe, übertragen werden, um die Forschungsergebnisse auf eine höhere Anzahl von Anwendungen auszuweiten. Weiter kann eine Systematik aufgestellt werden, mit der die Diagnoseverfahren in die Struktur hoch integrierter Systeme eingebunden werden können, um systematische, zustandsorientierte Wartungsstrategien und Selbstschutzmechanismen aufstellen zu können.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

### GNSS-GESTÜTZTES LOWCOST-MULTISENSORSYSTEM ZUR MOBILEN PLATTFORMNAVIGATION UND OBJEKTGEOREFERENZIERUNG

Ein Konsortium aus acht Unternehmen und den Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Karlsruhe und Konstanz hat sich zu-



sammengeschlossen, um die nächste Generation an präzisen Low-cost-Navigationsplattformen zu entwickeln und neue Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

### NEUE VERFAHREN ZUR VERMEIDUNG VON SCHIFFS-KOLLISIONEN AUF BINNENSEEN

Im Bereich der Schifffahrt machen Kollisionen bei weitem den größten Teil aller Unfälle aus. So geht aus dem Internationalen Polizeibericht in 2007 für den Bodensee hervor, dass Kollisionen mit 58% die häufigste Ursache darstellen. Die Schadenssumme allein am Bodensee stieg um 72% auf 518.000 Euro. Auf dem Bodensee sind rund 50.000 Boote registriert. Rechnet man die Schadenssumme hoch auf die bundesweite Anzahl zugelassener Boote (450.000 in 2005), so kann man von einer jährlichen Schadenssumme von etwa 4,5 Millionen Euro ausgehen. Eine US-Statistik berichtet von 1600 Schiffskollisionen in US-Gewässern in 2006 mit über 120 Opfern und benennt unter den 10 häufigsten zur Kollision führenden Ursachen mangelnde Aufmerksamkeit (1), Achtlosigkeit des Schiffsführers (2) sowie kein angemessenes Ausschauhalten der Crew (5). Um eine Minderung des Kollisionsrisikos zu erreichen, sind in der kommerziellen Schifffahrt seit geraumer Zeit verschiedene Systeme im Einsatz, die basierend auf GPS, Radar und Automatic Identification Systemen (AIS) in Verbindung mit digitalen Karten den Schiffsführer bei der Navigation unterstützen. Diese Systeme finden im Wesentlichen im Küstenbereich und auf Wasserstraßen Verwendung. Für den nicht-kommerziellen Schiffsverkehr, insbesondere für kleinere Sportboote, die jedoch den weitaus größten Teil des Verkehrsaufkommens auf Binnengewässern ausmachen, sind derartige Systeme bisher nicht verbreitet. Dies liegt zum Teil an den Kosten solcher Systeme, zum anderen ist die auf spurgeführten Wasserstraßen bzw. in Fahrrinnen gewählte Vorgehensweise nicht direkt auf die in der Regel ungeordnete Verkehrssituation, wie sie sich auf Binnenseen darstellt, übertragbar. Für die Realisierung von Systemen, die geeignet sind, Piloten von Freizeitbooten bei der Navigation und insbesondere bei der Vermeidung von Kollisionen zu unterstützen, gibt sich eine Reihe von Schwierigkeiten. Geht man davon aus, dass eine übergreifende Ausstattung mit AIS, bei dem jedes Fahrzeug seine Positionskoordinaten und Bewegungsdaten sendet und in Form eines Hopping Networks gegenseitig Manöver automatisch synchronisiert werden können, nicht gegeben ist, so muss mit Hilfe geeigneter Sensorik, in der Regel Radar, die lokale Verkehrssituation aufgenommen und algorithmisch interpretiert werden. Die Szenenaufnahme ist insbesondere wegen der Schiffs-Eigenbewegung mit ihrer großen Zahl von Freiheitsgraden erschwert. Will man aus Kosten- und Komplexitätsgründen auf den Einsatz aktiv stabilisierter Plattformen verzichten, so kommt aufgrund der Eigenbewegung der Sensoren dem Einsatz geeigneter Tracking-Algorithmen eine große Bedeutung bei. Aufgrund der komplexen Eigenbewegung des Schiffes sind daher z.B.

Trackingverfahren, wie sie bereits heute im Automobilbereich verwendet werden, nicht oder höchstens bedingt geeignet. Hier besteht ein signifikanter Bedarf an Innovationen. Liegt die Szene schließlich z.B. als zweidimensionale lokale Karte vor, in der die Koordinaten und Relativbewegungen der im Sensorbereich detektierten Objekte verfügbar sind, so stellt sich als nächste Schwierigkeit die richtige Interpretation der Szene. Die Kurse, unter denen sich u.U. eine Vielzahl von Booten einem potenziellen Kontaktpunkt nähern, sind auf Seen nahezu beliebig, was zu komplexeren Anforderungen bzgl. der Vorhersage und der Kollisionsvermeidungsstrategien führt. Im einfachsten Fall kann dem Schiffsführer ein z.B. akustisches Signal die Gefährdung signalisieren. In weiter ausgebauten Versionen können direkte Vorschläge für ein geeignetes Manöver gemacht werden. Hierzu müssen geeignete Pfade unter Berücksichtigung der Bewegungsmöglichkeiten des Bootes und insbesondere auch der Schifffahrtsregeln geplant und hinsichtlich geeigneter Gütekriterien gewichtet und ausgewählt werden. Die Anforderungen gehen damit über die verbreiteten Wegplanungs-Szenarien autonomer Roboter hinaus. In einer weiteren Ausbaustufe soll es ermöglicht werden, die Manöver autark durchzuführen, was den Einsatz eines geeigneten Autopiloten zur Folgeregelung erfordert. Die innerhalb dieses Projektes entwickelten Methoden und Verfahren sind über die Anwendung in der Schifffahrt auch in verschiedenen anderen Bereichen von Nutzen. Neben dem Einsatz verbesserter Tracking Algorithmen beim Adaptive Cruise Control oder Lane Departure Warning zur Unfallvermeidung bei Autos und LKW sind die Projektziele insbesondere auch relevant für den Einsatz von Service Robotern, bei denen die Sensoren sich nicht relativ langsam in einer Ebene bewegen. Dies ist z.B. bei humanoiden oder mehrbeinigen Laufrobotern der Fall sowie generell beim Einsatz von Robotern in unebenem Terrain. Ergebnisse in dem vorgeschlagenen Arbeitsgebiet können über den Bereich der Schifffahrt hinaus dazu beitragen, den Stand der Forschung im Bereich autonomer Systeme zu erweitern.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

### OPTISCHE MESSVERFAHREN ZUR GESCHWINDIGKEITS-BESTIMMUNG UND REGELUNG VON SUBSTRATEN

Bei einer Reihe von industriellen Bearbeitungsvorgängen ist die präzise Kenntnis der aktuellen Position von bewegten Objekten relativ zu einem Aktuator eine fundamentale Forderung. Die Notwendigkeit einer hochgenauen Positionsinformation wird beispielsweise beim Farbedruck sofort verständlich, da bei diesem Verfahren ein einzelner farbiger Bildpunkt durch mehrere, in Bewegungsrichtung des zu bedruckenden Substrates, hintereinander aufgetragene Grundfarbpunkte gebildet wird. Die geforderten Genauigkeiten liegen in der Regel im Bereich weniger n Meter, bei einer Substrat-Geschwindigkeit von einigen Metern pro Sekunde. Ein anderes Beispiel ist der Vorgang der Magnetkodierung, bei dem entsprechend der Position der Magnetkarte ein geeignetes Feld am Schreibkopf generiert werden muss, um die

gewünschten Daten aufzubringen. Auch hier liegen die Anforderungen bzgl. der Genauigkeit des aufgetragenen Musters im Hundertstel-Millimeter-Bereich, bei Transportgeschwindigkeiten der Karten bis zu 2 Meter pro Sekunde. Aus der gemessenen bzw. geschätzten Position leiten sich direkt die Steuersignale zum Aktivieren der Druckkopf-Düsen oder zur Generierung der Schreibströme beim Magnetkodierungsvorgang ab, so dass die Genauigkeit der Positionsschätzung direkt die Güte des Bearbeitungsvorgangs maßgeblich mitbestimmt. Da die unmittelbare Positionsbestimmung, z.B. durch spezielle optische Sensorik aus Kostengründen bis heute nur in Einzelfällen möglich ist, wird in der Regel die Position mittelbar aus geometrischen Parametern und einer gemessenen Geschwindigkeit des Antriebssystems geschätzt. Die mögliche Genauigkeit der Schätzung unterliegt bei dieser Vorgehensweise Einschränkungen, z.B. wenn das Transportmedium elastisch bzw. das Substrat selbst nicht steif ist oder insbesondere dann, wenn Schlupf zwischen Transportmedium und Substrat auftritt. Die dabei entstehenden Effekte sind äußerst komplex und wegen ihrer vom systemdynamischen Standpunkt chaotischen Natur äußerst schwierig vorhersagbar. Hierdurch begründet unterliegt der heutzutage erzielbare Produktdurchsatz Beschränkungen und es ergibt sich der Wunsch, durch eine unmittelbare, hochgenaue Positionsmessung diese Limitierungen zu überwinden. Das Projekt zielt darauf ab, zur Lösung der beschriebenen Problematik kommerziell verfügbare, sehr preiswerte optische Sensorik zur direkten Positionsbestimmung von lückend und kontinuierlich einlaufenden Substraten sowie eine mögliche Fusion von unmittelbaren und mittelbaren Messdaten zu untersuchen. Das am Projekt beteiligte KMU plant darüber hinaus, mit der Entwicklung eines speziellen optischen Sensors für diesen Aufgabenbereich zu beginnen. Weiter sollen darauf aufbauende Regelungsverfahren zur Positionsregelung der Aktuatoren und zur Erzeugung der Steuersignale entwickelt werden.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

#### SOFT-LANDING-REGELUNG SCHNELL SCHALTENDER AKTUATOREN

Schnell schaltende Aktuatoren, z. B. ausgeführt als hydraulische Ventile mit typischen Schaltzeiten kleiner als 2 Millisekunden, erschließen neue Anwendungen im Bereich der hydraulischen Antriebstechnik. Verwendung finden sie zum Beispiel in digital gesteuerten hydraulischen Konvertern oder in der Turbinentechnik zur Erzeugung geregelter Einspritzverläufe, um Resonanzen zu unterdrücken. Ein weiteres Einsatzfeld schnell schaltender Aktuatoren ist der Automobilbereich, wo für neue Brennverfahren zur Emissionsminderung und Kraftstoffersparnis flexible Ventilöffnungszeiten mit Hilfe nockenwellenlos gesteuerter Einlass- und Auslassventile erforderlich sind. Aus antriebstechnischer Sicht gibt es im Wesentlichen zwei Schwierigkeiten beim Betreiben derartiger Aktuatoren: Die erforderliche, sehr hohe Beschleunigung des Ventilkolbens kann



bei elektromagnetischen Aktuatoren nur durch Betreiben des Solenoids mit hohen Spannungen, üblicherweise größer als 100 Volt, und entsprechend hohen Strömen erreicht werden, was mit hohen Impulsen elektrischer Leistung, üblicherweise mehrerer Kilowatt über wenige Millisekunden, verbunden ist. Eine weitere gravierende Schwierigkeit besteht in der Handhabung der hohen erforderlichen Ventilkolbengeschwindigkeit, welche beim Aufprall des Kolbens auf den Ventilsitz eine entsprechend hohe Kraftwirkung ausübt. Dies führt sowohl zu erheblicher Materialbeanspruchung als auch zu erhöhten, teils unakzeptablen Geräuschemissionen. Diese Problematik ist bis heute nicht zufriedenstellend gelöst und eine Reihe von industriellen Anwendern derartiger Aktuatoren, z.B. aus dem Automobil- und Turbinenbereich, können die Potenziale ihrer Produkte mangels verfügbarer kommerzieller Lösungen im Aktuatorenbereich nicht in vollem, ansonsten technisch möglichem Umfang ausschöpfen. Um diesen Problemen zu begegnen, werden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt: (1) Die sensorlose Ermittlung der Kolbenposition und Geschwindigkeit soll unter expliziter Ausnutzung des Dual-Spulen-Konzeptes mit Hilfe einer neu zu entwickelnden Beobachterstrategie ermöglicht werden. (2) Für die kontrollierte Bewegung des Stößels soll mit Hilfe des Beobachters eine Trajektorienfolgeregelung entworfen werden, die es ermöglicht, insbesondere die Aufprallgeschwindigkeit des Kolbens signifikant zu vermindern.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

#### ROBUSTE ZUSTANDSSCHÄTZUNG FÜR SCHNELL SCHALTENDE MAGNETAKTUATOREN

Schnell schaltende magnetische Aktuatoren sind z.B. als Ventile, als Sicherheitsmagneten oder Antriebsaggregate in verschiedensten

Anwendungen zu finden. Insbesondere im wachsenden Feld der digitalen Hydraulik sind leistungsstarke, extrem schnelle Aktuatoren erforderlich. Stand der Technik ist heute, diese mit relativ einfachen Ansteuerungsverfahren zu betreiben, was zu Energieverlusten, unerwünschten Geräuschemissionen und einer verminderten Haltbarkeit führt. In diesem Kontext sind innerhalb von Forschungsprojekten an der HTWG Konstanz Untersuchungen durchgeführt und Regelverfahren entwickelt worden, mit deren Hilfe diese unerwünschten Effekte abgeschwächt, bzw. eliminiert werden können. Eine Voraussetzung dieser Verfahren ist allerdings die Kenntnis des Systemzustandsvektors, insbesondere die Kenntnis der Systemzustände Stöße, bzw. Ankerposition und Geschwindigkeit. Bisher wurden diese Zustände messtechnisch ermittelt. Um den nächsten Schritt hin zu einer Kommerzialisierung zu ermöglichen, ist es aber eine zentrale Forderung, auf Positionssensorik zu verzichten. Das beteiligte KMU EBE GmbH verfügt über patentierte Verfahren, mit denen dies bei nicht zu hohen Anforderungen an die Geschwindigkeit gelöst werden kann. Sie ist damit weltweit eine der ersten Firmen, die robuste, serienreife Lösungen für das gravierende Problem der Positionsschätzung anbieten kann. Bei den in der digitalen Hydraulik, aber auch z.B. bei Einspritz- oder ABS-Ventilen geforderten Schaltzeiten können diese Verfahren heute noch nicht eingesetzt werden. In der Literatur existiert eine Reihe von Vorschlägen, wie das Problem der Zustandsbeobachtung bei magnetischen Aktuatoren gelöst werden könnte. Aus der industriellen Erfahrung des Antragstellers, den Erfahrungen des KMU und eigenen Arbeiten an der HTWG Konstanz geht aber eindeutig hervor, dass Verfahren, mit denen das Problem der Zustandsschätzung bei schnellen Aktuatoren auch außerhalb von Laborbedingungen sensorlos gelöst werden kann, bis heute nicht bekannt sind, sondern weiterhin erheblicher Forschungsbedarf besteht. Daher werden, ausgehend vom Stand der Forschung, neue Verfahren entwickelt, die es ermöglichen, den Zustand schneller magnetischer Aktuatoren ohne Positionssensoren zu rekonstruieren.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

#### **BRENNSTOFFZELLENSCHIFF SOLGENIA MIT DREHSTROM-ANTRIEB**

Ein Schiff mit optimiertem Rumpf wird mit Brennstoffzelle (BZ), H<sub>2</sub>-Speicher, PV-Generator und Batterie ausgerüstet. Die Ergänzung der PV durch den regelbaren Energiewandler BZ benötigt eine optimierte Betriebsführung (Energiemanagement) und gestattet damit hundertprozentig sichere Energieversorgung. Eine Funkverbindung zu einem Server an Land erlaubt die Beobachtung und die Beeinflussung der Anlage sowie die Kopplung mit dem Internet. Die Forschungsthemen umfassen unter anderem: Untersuchung und Anpassung der BZ-Technologie an Wasserfahrzeugen, Optimierung des Energiemanagements („predictive control“), Funkanbindung, Langzeiterprobung, den Vergleich mit Landfahrzeugen. Ergänzend

wird hierbei das Planungswerkzeug MODES zur technischen und wirtschaftlichen Simulation integrierter Energiesysteme (Strom und Wärme) eingesetzt.

**Prof. Dr. Richard Leiner; Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin**

Tel.: +49 (0)7531 206-244

E-Mail: [leiner@htwg-konstanz.de](mailto:leiner@htwg-konstanz.de)

#### **HOCHSPANNUNGSPRÜFUNGEN AN SYSTEMEN UND KOMPONENTEN DER ELEKTRISCHEN ENERGIETECHNIK**

Das Projekt befasst sich mit der Ermittlung von Durchschlagsspannungen bei Wechselspannung und Blitzstoßspannung sowie der Anwendung zerstörungsfreier Diagnostik.

**Prof. Dr. Gunter Voigt**

Tel.: +49 (0)7531 206-112

E-Mail: [gvoigt@htwg-konstanz.de](mailto:gvoigt@htwg-konstanz.de)

#### **FAKULTÄT INFORMATIK**

##### **PROGRESS IN GRAPHICAL MODELING FRAMEWORKS – PROGRAMOF**

Kernziel des Projektes ist die Entwicklung eines MDSD-Rahmenwerkes für graphische Editoren innerhalb von Eclipse. Diese Editoren sollen als Ausgangspunkt für die modellgetriebene Softwareentwicklung genutzt werden können. Die graphischen Editoren können dabei individuell für ein spezifisches Branchen- oder Domänenmodell entwickelt werden können und so möglichst präzise auf die Problemdomäne passen. Dafür ist es notwendig, dass die Editoren selbst einfach und schnell zu entwickeln sind ohne große Erfahrung in der Entwicklung graphischer Werkzeuge. Um dies zu ermöglichen werden die graphischen Editoren selbst modellgetrieben entwickelt. In einer Reihe hierfür entwickelter Modelle für die Domäne graphischer Editoren werden diese von den Anwendern beschrieben und dann generiert. Dieser Prozess erfordert keine Programmierkenntnisse, ist leicht zu erlernen und dauert nur wenige Stunden oder Tage bis zu einem ausgereiften Ergebnis. Das Projekt wird in enger Kooperation mit den Unternehmen und der Universität Bremen durchgeführt.

**Prof. Dr. Marko Boger**

Tel.: +49 (0)7531 206-631

E-Mail: [marko.boger@htwg-konstanz.de](mailto:marko.boger@htwg-konstanz.de)

##### **MODELLGETRIEBENE ENTWICKLUNG VON MODELLIERUNGS-TOOLS**

Die Softwarebranche unterliegt, wie jeder andere Industriezweig, dem Druck, laufend die Produktivität zu erhöhen. Große Hoffnungen werden dabei auf die automatische Erzeugung von Software aus Modellen gelegt, dem sogenannten Modell Driven Software Development (MDSD). Derzeit wird meist auf Standardmodellierungswerkzeuge wie etwa UML-Tools zurückgegriffen. Es zeigt sich aber, dass die Standards zwar eine gute Grundlage zur Kommunikation von Mensch zu Mensch durch Graphiken bieten, aber für die Erzeugung von Code in den meis-

ten Fällen zu weit von den Anforderungen einer Domäne entfernt sind. Daher ist es wünschenswert, für eine spezielle Domäne jeweils spezielle Modellierungssprachen und -Tools zu erzeugen. Dies ist heutzutage allerdings prohibitiv teuer. Das Ziel dieser Forschungsarbeit besteht darin, die Entwicklung von Modellierungswerkzeugen so zu beschleunigen, dass der Ansatz der modellgetriebenen Softwareentwicklung sich wirtschaftlich rentiert. Zur Erreichung dieses Ziels steht die Firma Gentleware zur Verfügung, die über ein Jahrzehnt Erfahrung in der Entwicklung von Modellierungswerkzeugen einbringt.

**Prof. Dr. Oliver Eck**

Tel.: +49 (0)7531 206-630

E-Mail: eck@htwg-konstanz.de

#### BILDERKENNUNG, AUTOMATION UND KOMMUNIKATION

Das Forschungsziel des Labors ist die weitgehende Automatisierung des Designprozesses für künstliche Sehsysteme. Neben den offensichtlichen Vorteilen eines automatisierten Designprozesses liefert dieser Ansatz auch die Grundlagen für den Bau von adaptiven Sehsystemen, die sich an wechselnde Eigenschaften des visuellen Inputs anpassen können (z.B. bei wechselnden Wetter- und Sichtbedingungen). Dementsprechend befasst sich das Projekt mit dem Aufbau einer Infrastruktur für rechenintensive Aufgabenstellungen, insbesondere im Bereich maschinelles Lernen und Bildverarbeitung, und eines Labors zur Vermessung und Kalibrierung von Bildsensoren. Die geforderte Rechenleistung wird über ein Clustersystem realisiert, das im Endzustand 96 Prozessoren umfassen soll. Damit lassen sich rechenintensive Aufgaben wie z.B. das Training von statistischen Klassifikatoren und die Verarbeitung einer großen Menge von Bildern bearbeiten. Die Laborausstattung umfasst eine gekühlte hochauflösende Messkamera zusammen mit einem elektrisch ansteuerbaren Farbfilter, mit dem sich Oberflächen und Szenen multispektral aufnehmen lassen, und einen Messplatz zur Kalibrierung und Vermessung von Kameras und anderen optischen Systemen. Hinzu kommen Kameras für industrielle Projekte und zur Aufnahme von kalibrierten Bilddatenbanken sowie spezielle kalibrierte Farbmonitore zur Farbinspektion.

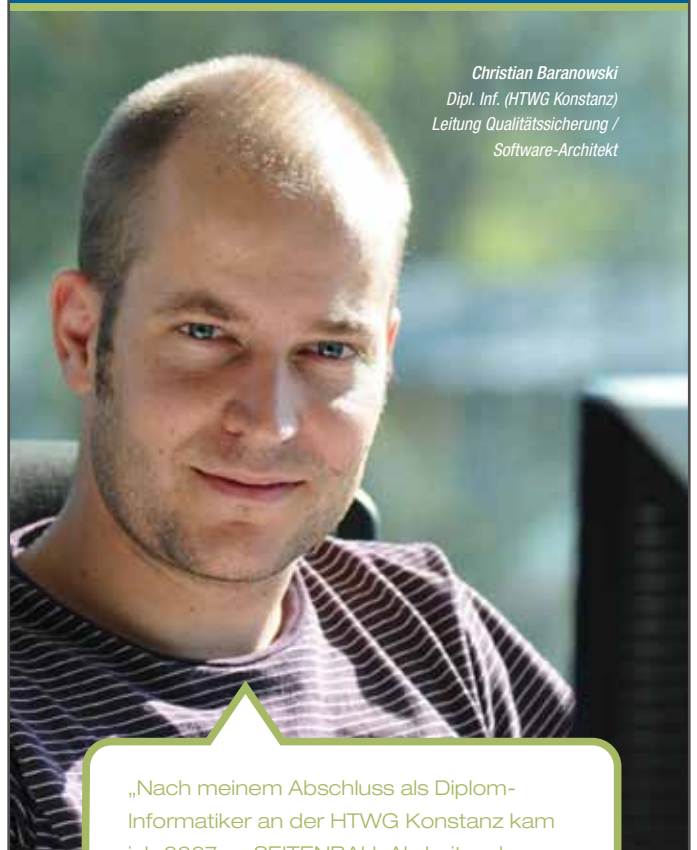
**Prof. Dr. Matthias Franz**

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

#### DETEKTION VON STEGANOGRAPHIE IN BILDERN MIT STATISTISCHEN METHODEN

Steganographie ist die Kunst der verborgenen Speicherung oder Übermittlung von Informationen. In Sicherheitskreisen wird vermutet, dass sich sowohl terroristische Organisationen als auch die organisierte Kriminalität dieser Technologie bedienen, um über harmlos erscheinende digitale Bilder unentdeckt zu kommunizieren oder in Bildern kritische Informationen unauffällig zu speichern. Die Sicherheitsbehörden stehen hier vor einem Problem, denn die heute verfügbaren Verfahren zur Detektion von Steganographie können in Bildern nur die Spuren einer Reihe von älteren Steganographieprogrammen ent-



Christian Baranowski  
Dipl. Inf. (HTWG Konstanz)  
Leitung Qualitätssicherung /  
Software-Architekt

„Nach meinem Abschluss als Diplom-Informatiker an der HTWG Konstanz kam ich 2007 zu SEITENBAU. Als Leiter der QS-Abteilung und Software-Architekt arbeite ich mit agilen Methoden an Software-Lösungen für Kunden wie die Telekom AG, das Bundeskanzleramt und den Deutschen Bundestag. Zusätzlich dazu bin ich für SEITENBAU beim OSGI User's Forum Germany aktiv.“

Wir suchen immer wieder Mitarbeiter/-innen zur Verstärkung unseres Teams am Standort Konstanz. Die entsprechenden Jobangebote schreiben wir auf unserer Website sowie unserem Facebook- und XING-Firmenprofil aus. Und natürlich können Sie sich auch einfach bei uns mit einer Initiativbewerbung melden. Interessiert? Schicken Sie Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen einfach an:

[jobs@seitenbau.com](mailto:jobs@seitenbau.com)

[www.seitenbau.com](http://www.seitenbau.com) · [www.facebook.com/seitenbau](https://www.facebook.com/seitenbau)

[www.xing.com/companies/seitenbaugmbh](https://www.xing.com/companies/seitenbaugmbh)





decken. Allgemeinere Systeme zur Detektion von Bildmanipulationen mit unbekannten Steganographieprogrammen (universale Steganalysatoren) wurden bereits in der Literatur beschrieben, sind aber im Vergleich noch relativ unempfindlich. Aus Sicht der Ermittler in den Sicherheitsbehörden kommt erschwerend hinzu, dass für beide Ansätze nur Verfahren bekannt sind, deren Anwendung tiefgehende Spezialkenntnisse in Bildverarbeitung und Statistik erfordern. Die Ziele des Projekts sind (1) die Entwicklung von neuen, wirkungsvolleren Methoden zur Detektion von steganographischen Manipulationen an Bildern, insbesondere solchen Detektionsverfahren, bei denen die Methode der steganographischen Manipulation nicht im voraus bekannt sein muss; (2) Bereitstellung eines einfach zu bedienenden Programmpakets, mit dem Ermittlungsbeamte steganographische Manipulationen an Bildern erkennen können. Zur Detektion von Steganographie ohne vorherige Kenntnis der Art der Manipulation muss Vorwissen über die statistischen Eigenschaften von unmanipulierten Bildern bereitgestellt werden. Dies geschieht durch statistische Bildmodelle, bei denen aus einer großen Datenbank von unmanipulierten Bildern bestimmte statistische Parameter extrahiert werden, anhand derer sich die typischen Eigenschaften von unmanipulierten Bildern beschreiben lassen. Wird nun eine signifikante Abweichung in diesen Parametern registriert, so liegt der Verdacht auf eine steganographische Manipulation vor. Mit einem kürzlich entwickelten Ansatz des Antragsstellers sind nun neuartige Bildmodelle mit einer kontrollierbaren Nichtlinearität möglich, die eine erheblich größere Aussagekraft besitzen. Diese Modelle sollen an großen Bilddatenbanken trainiert und im Vergleich mit anderen Modellansätzen evaluiert werden. Die Umsetzung in ein direkt einsetzbares System erfordert zusätzlich die Entwicklung von effizienten Verfahren zur Merkmalsextraktion und Klassifikation.

**Prof. Dr. Matthias Franz**

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: [mfranz@htwg-konstanz.de](mailto:mfranz@htwg-konstanz.de)

## BERECHNUNGSVERFAHREN MIT VERIFIKATION FÜR FESTIGKEITS- UND STABILITÄTSUNTERSUCHUNGEN VON STABWERKEN

Im Projekt sollen die folgende Fragestellungen bearbeitet werden: 1. Risikostudien an vorhandenen Bauwerken: Bei der nachträglichen Tragwerksuntersuchung von Bauwerken sind Materialparameter und geometrische Werte nur in gewissen Schwankungsbereichen bekannt. Mit Hilfe der Intervallrechnung können diese Bereiche in der Rechnung berücksichtigt werden. Die so erhaltenen Ergebnisintervalle vermitteln dem Ingenieur eine klare Vorstellung von Tragverhalten und den vorhandenen Sicherheitsreserven. 2. Qualitätssicherung der numerischen Ergebnisse durch konsequente Erfassung von Rundungs- und Diskretisierungsfehlern bei Anwendung der Finite-Element-Methode: In der Regel geht man davon aus, dass die Rundungsfehler sich nur unwesentlich auf die Ergebnisse der Berechnungen auswirken. Das Gleiche gilt für den Diskretisierungsfehler, mit dem die näherungsweise Darstellung von Steifigkeitsmatrizen von Stäben nach der Theorie II-ter Ordnung behaftet ist. Allerdings können die Rundungsfehler, insbesondere bei schlecht konditionierten linearen Gleichungssystemen, wie sie infolge großer Steifigkeitsunterschiede im System auftreten können, zu signifikanten Fehlern führen. Häufig ist auch bei sehr unterschiedlichen Größenverhältnissen die Wirkung des Diskretisierungsfehlers nicht vernachlässigbar. Mit Hilfe der Intervallrechnung sollen nicht nur die Rundungs-, sondern auch die Diskretisierungsfehler unter Kontrolle gebracht und damit die Berechnungsergebnisse auch wirklich garantiert werden. Letztendlich wird damit das Risiko von Bauschäden oder gar eines Versagens des Tragwerks verringert.

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff**

Tel.: +49 (0)7531 206-627

E-Mail: [garloff@htwg-konstanz.de](mailto:garloff@htwg-konstanz.de), [werkle@htwg-konstanz.de](mailto:werkle@htwg-konstanz.de)

## KONVEXE UNTERE SCHRANKENFUNKTIONEN UND IHRE ANWENDUNG IN DER GLOBALEN OPTIMIERUNG

In dem Forschungsvorhaben wurden Verfahren zur Konstruktion von konstanten und affinen unteren Schrankenfunktionen für Polynome in mehreren Variablen entwickelt, die auf der Entwicklung eines Polynoms in Bernstein-Polynome beruhen. Die Verfahren können im Rahmen von branch and bound-Verfahren zur Lösung von restringierten polynomialen globalen Optimierungsproblemen oder von polynomialen Gleichungssystemen eingesetzt werden. Die erhaltenen Schrankenfunktionen können auch garantiert werden hinsichtlich aller während der Rechnung auftretenden Rundungsfehler und sogar hinsichtlich Ungenauigkeiten in den Polynomkoeffizienten. Für den Abstand des gegebenen Polynoms von der Schrankenfunktion wurden obere Schranken angegeben. Es wurde ein Softwarepaket erstellt, welches in eine Programmbibliothek integriert und so interessierten Nutzern zugänglich ist. Die Ergebnisse wurden in einer Reihe von Arbeiten publiziert und in zahlreichen Vorträgen auf internationalen Tagungen einem größeren Publikum vorgestellt. Die Höhe des Grades der Polynome scheint kein Problem für die Verfahren zu sein; es wurden allerdings in der Literatur auch keine Probleme hohen Grades



gefunden. In den Anwendungen treten sehr häufig dünnbesetzte Polynome auf; für diese lassen sich auch bei großer Anzahl der Variablen noch problemlos konstante untere Schrankenfunktionen angeben. Die Verfahren wurden angewendet zur Parameterschätzung bei Modellen, welche auf Exponentialsummen beruhen. Die dort angewendeten Methoden wurden erweitert zur Einschließung der Lösungen von parametrischen linearen Gleichungssystemen.

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff**

Tel.: +49 (0)7531 206-627

E-Mail: garloff@htwg-konstanz.de

### REVERSE ENGINEERING BESTEHENDER SOFTWARE FÜR DIE MODELLGETRIEBENE ENTWICKLUNG

Ziel der modellgetriebenen Software-Entwicklung (Model Driven Software Development, MDSD) ist es, fachliche Aspekte eines Software-Systems nicht direkt zu kodieren, sondern mit Hilfe von Modellierungssprachen formal zu beschreiben und daraus lauffähigen Code durch Transformatoren zu generieren. Von der dadurch gewonnenen höheren Abstraktion und Plattformunabhängigkeit verspricht man sich eine höhere Code-Qualität, automatische Konsistenz zwischen Modell und Code sowie eine größere Wiederverwendbarkeit. Derzeit fokussiert man sich im Wesentlichen auf das Forward Engineering, d.h. das Erstellen von neuem Code. Wie bereits existierender Code in einen MDSD-Entwicklungsprozess integriert werden kann, wird kaum betrachtet. Für die industrielle Akzeptanz einer neuen Technologie sind jedoch die Integration bestehender Systeme und das Aufweisen „sanfter Migrationspfade“ wesentliche Grundvoraussetzungen. In diesem Projekt soll deshalb ein Vorgehen erarbeitet werden, bei dem der bestehende Code in einem iterativen Prozess in eine MDSD-geeignete Form überführt wird. Ein erster Schritt soll eine saubere Trennung von generierten und manuellen Artefakten erreichen, so dass in weiteren Schritten die manuellen Anteile nach und nach auf die Modellebene gehoben werden können. Um die industrielle Anwendung des Verfahrens im laufenden Prozess zu erlauben, soll in jedem Schritt die Lauffähigkeit des Gesamtsystems erhalten bleiben.

**Prof. Dr. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de, waesch@htwg-konstanz.de

### SKYAPPS

Ziel des Vorhabens ist es, Softwaretools zur Unterstützung kollaborativen Arbeitens auf Basis der Skype®-Kommunikationssoftware zu entwickeln. Skype® ist eine proprietäre VoIP-Software, die auch die Eigenschaft der Versendung von Dateien oder des Instant-Messaging hat. Über API ist es externen Programmen möglich, auf die Funktionalität von Skype® zurückzugreifen. SkyApps beinhaltet im Augenblick folgende Software: SkyCollab: SkyCollab ist eine Software zur Synchronisation von Daten zwischen Gruppen von Skype®-Benutzern. SkyGroups: Mit der SkyGroups Anwendung können gemeinsame

Gruppen (Shared Groups) zwischen Skype®-Benutzern gebildet und synchronisiert werden. SkyGui: SkyGui ist eine C# Komponente, die es Entwicklern einfach macht, Skype®-konforme Anwendungen zu entwickeln.

**Prof. Dr.-Ing. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de, waesch@htwg-konstanz.de

### SKYCOLLAB

Die Kooperationspartner arbeiten auf dem Gebiet kollaborativer Software/Groupware zusammen. Kollaborative Software ist eine Software zur Unterstützung der Zusammenarbeit einer Gruppe, vorzugsweise über das Internet. Ziel des Vorhabens ist es, ein Softwaretool zur Unterstützung kollaborativen Arbeitens auf Basis der Skype-Kommunikationssoftware zu entwickeln. Skype ist eine proprietäre VoIP-Software, die auch die Eigenschaft der Versendung von Dateien oder des Instant-Messaging hat. Über API ist es externen Programmen möglich, auf die Funktionalität von Skype zurückzugreifen.

**Prof. Dr.-Ing. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de, waesch@htwg-konstanz.de

### TRANSPARENTE INTEGRATION VON NAT-TRAVERSIERUNGSTECHNIKEN IN JAVA RMI

Java Remote Method Invocation (RMI) ist eine Technologie zum Entwickeln verteilter Anwendungen, die es erlaubt, für die Kommunikation über Prozess- und Rechengrenzen hinweg das objektorientierte Paradigma des Methodenaufrufs zu verwenden. Java RMI scheitert jedoch immer dann, wenn auf dem Weg zwischen Client (Sender) und Server (Empfänger) eine oder mehrere Network-Address-Translation-Einheiten, kurz NAT-Box, liegen. Für den privaten Endnutzer und zwischen verschiedenen Firmennetzen ist das praktisch immer der Fall. Die Aufgabe einer NAT-Box besteht darin, die innerhalb einer administrativen Domäne gültigen internen Adressen auf von außen sichtbare externe Adressen abzubilden. Das hat zum einen den Hintergrund, dass es nicht genügend IPv4-Adressen gibt, um jedes Endgerät mit einer eigenen externen Adresse auszustatten, und zum anderen Sicherheitsgründe, z. B. weil mit NAT die interne Topologie eines Netzes nach außen hin verborgen werden kann. Java RMI wird deshalb heute fast ausschließlich für Anwendungen verwendet, die nur innerhalb eines einzelnen Firmennetzes verteilt sind, nicht aber für hochverteilte Anwendungen, wie z.B. Peer-To-Peer-Anwendungen für Audio- und Videokonferenzsysteme oder zur verteilten Datenspeicherung und -bereitstellung. Im Bereich der Peer-To-Peer-Anwendungen wurden in jüngerer Zeit Techniken entwickelt, die in der Lage sind, verschiedene Arten von NAT-Boxen zu überwinden. Zu nennen sind hier etwa das UDP- und TCP-Hole-Punching, das Relaying mit Hilfe von TURN-Servern und die Umkehrung des Verbindungsaufbaus. Ziel des beantragten Projekts ist es, eine Kombination aller zur Verfügung stehenden NAT-Traversierungstechniken so in Java RMI einzubauen, dass

situationsabhängig die jeweils bestmögliche Konnektivität zwischen Client und Server erreicht wird. Die intelligente Steuerung des Verbindungsaufbaus soll keine Konfiguration durch den Benutzer erfordern. Die zu entwickelnde Erweiterung von Java RMI soll transparent in der Nutzung sein und möglichst keine zentralen Server erfordern. Benötigte Koordinierungsfunktionalität soll nach Möglichkeit mit Hilfe bereits existierender Peer-To-Peer-Infrastrukturen realisiert werden. Ein wichtiger Aspekt, der bei Verteilung über administrative Domänen hinweg berücksichtigt werden muss, ist Sicherheit. Genannt sei hier beispielhaft der Schutz vor unautorisiertem Zugriff, gegen Man-in-the-Middle- und gegen Denial-of-Service-Angriffen. Die erwarteten Projektergebnisse können auch für andere Verteilungstechnologien interessant sein. Es ist deshalb geplant zu untersuchen, ob und gegebenenfalls wie sich die entwickelte Technologie in das Microsoft-Net-Framework, in die Web-Service-Technologie oder eventuell direkt in TCP-Sockets integrieren lässt.

**Prof. Dr. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: [haase@htwg-konstanz.de](mailto:haase@htwg-konstanz.de), [waesch@htwg-konstanz.de](mailto:waesch@htwg-konstanz.de)

#### VERWENDUNG VON PEER-TO-PEER-TECHNOLOGIEN FÜR EINE JAVA RMI REGISTRY

Die Java RMI Kommunikationstechnologie verwendet sogenannte Registries, mit Hilfe derer Kommunikationspartner sich finden können. Diese Registries stellen Single-Points-of-Failure da, bei deren Ausfall keine neuen Verbindungen zustande kommen können. Um dies zu vermeiden, sollen stattdessen existierende Peer-To-Peer-Infrastrukturen verwendet werden, um dieselbe Funktionalität verteilt und damit ausfallsicher zu realisieren.

**Prof. Dr. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Tel.: +49 (0)7531 206-720

E-Mail: [haase@htwg-konstanz.de](mailto:haase@htwg-konstanz.de), [waesch@htwg-konstanz.de](mailto:waesch@htwg-konstanz.de)

#### CLOUD-BASIERTE GESCHÄFTSPROZESSE

Für ein Unternehmen werden Methoden und Werkzeuge für die Einführung und den Betrieb von Cloud-basierten Geschäftsprozessen entwickelt.

**Prof. Dr. Marco Mevius**

Tel.: +49 (0)7531 206-515

E-Mail: [marco.mevius@htwg-konstanz.de](mailto:marco.mevius@htwg-konstanz.de)

#### ENTWICKLUNG UND EVALUATION VON METHODEN ZUR IDENTIFIZIERUNG, BEWERTUNG UND STEUERUNG VON SCHATTEN-IT

Die meisten Unternehmen verfügen neben der offiziellen und vom IT-Bereich entwickelten und unterhaltenen IT-Infrastruktur noch über eine Vielzahl an Systemen, Prozessen und Mitarbeitern, die in den Fachabteilungen entwickelt, betrieben und gewartet werden beziehungsweise angesiedelt sind. Dies erfolgt in der Regel ohne Wissen und Unterstützung des IT-Bereiches. Die daraus resultierenden, autonom entwickelten Systeme, Prozesse und Organisationseinheiten

werden auch als Schatten-IT bezeichnet. Die Schatten-IT Problematik ist kein neues Phänomen in den Unternehmen, jedoch sind Themen wie IT-Service Management, Compliance und Risikomanagement Treiber für die Auseinandersetzung mit dem Thema. Darüber hinaus können die Sozialisation jüngerer Mitarbeiter mit Informationstechnologie und neue Technologien wie Cloud Computing zu einem Wachstum von Schatten-IT führen. Aus dem Vorhandensein von Schatten-IT ergeben sich für die Unternehmen einige Problemstellungen beispielsweise im Hinblick auf Unternehmensrisiken, aber auch Chancen in der Umsetzung von Innovationen. Jedoch gibt es derzeit keine zusammenhängende und detaillierte Beschreibung des Phänomens selbst oder spezifische Methoden zum Umgang mit Schatten-IT. Diese Lücke soll mit dem beantragten Projekt geschlossen werden. Auf Basis der Ergebnisse dieses Projektes soll es Unternehmen dann möglich sein, ein in sich geschlossenes Methodenset zur Steuerung der Schatten-IT einzusetzen, um so die Risiken zu minimieren und die Effizienz der IT-Leistungserstellung zu sichern. Das Projekt hat dementsprechend zwei Themenschwerpunkte: erstens die Beschreibung und Kausalanalyse der Schatten-IT und zweitens die Entwicklung von Methoden für Unternehmen zur Erhebung, Bewertung sowie Steuerung der Schatten-IT.

**Prof. Dr. Marco Mevius, Prof. Dr. Christopher Rentrop**

Tel.: +49 (0)7531 206-515

E-Mail: [marco.mevius@htwg-konstanz.de](mailto:marco.mevius@htwg-konstanz.de),  
[rentrop@htwg-konstanz.de](mailto:rentrop@htwg-konstanz.de)

#### ENTWURF, IMPLEMENTIERUNG UND TEST VON SOFTWARE-KOMPONENTEN FÜR EIN WEBPORTAL

Die kundenbezogene Erfassung und Speicherung des Strom-, Gas-, Wasser- und Wärmeverbrauchs in einer zentralen Datenbank erfolgen durch ein Smart Metering-System über das Internet. Über das Smart Metering-Kundenportal können die Kunden dann ihren jeweiligen Verbrauch tageszeitgenau in Form verschiedener Diagramme visualisieren und somit auch den Verbrauch einzelner Geräte erfassen. Zusätzlich können sie sich eine monatliche Verbrauchs- und Kostenübersicht über den Strom-, Gas-, Wasser- und Wärmeverbrauch erstellen lassen.



Anhand der archivierten Verbrauchs- und Kostenübersichten bietet das Kundenportal die Möglichkeit, Verbrauchs- und Kostenstatistiken zu erstellen, die dem Kunden Auskunft über seine Verbrauchs- und Kostenentwicklung geben. Darüber hinaus wird vom Kundenportal zwischen Verbrauchern und Erzeugern wie z.B. Photovoltaik-Anlagen, die Strom erzeugen, und BHKWs, die Strom und Wärme erzeugen, unterschieden. Damit erhält der Kunde z.B. auch einen aktuellen Überblick über den von ihm erzeugten und ins Netz des Versorgers eingespeisten Strom bzw. Wärmemenge.

**Prof. Dr. Reinhard Nürnberg**

Tel.: +49 (0)7531 206-645

E-Mail: [nuernberg@htwg-konstanz.de](mailto:nuernberg@htwg-konstanz.de)

#### ENTWICKLUNG VON INSTRUMENTEN UND WERKZEUGEN FÜR EIN AGILES UND DEZENTRALES ARCHITEKTUR- MANAGEMENT – ADAM

Das Fundament des Projekts ADAM wird durch drei aktuelle Trends in den Unternehmen und in der anwendungsbezogenen Forschung gebildet: die wachsende Dynamik, die steigende Dezentralisierung der IT sowie die Notwendigkeit eines zielgerichteten Managements der Unternehmensarchitekturen. Die Unternehmen sehen sich schon seit längerer Zeit an ihren Märkten einer wachsenden Dynamik ausgesetzt; dies erfordert agile und flexibel anpassbare Geschäftsprozesse. In den letzten Jahren hat sich zudem eine immer tiefer gehende Durchdringung dieser Prozesse mit Informationstechnologie bemerkbar gemacht. Schließlich ist auch durch die steigende Anzahl der sogenannten Digital Natives eine veränderte Grundhaltung der Benutzer zur IT erkennbar. Diese Trends der umfassenden Durchdringung und der veränderten Haltung zu Technologie führen dazu, dass die benötigten IT-Services kaum noch vollständig zentral durch eine spezialisierte IT-Abteilung zu erbringen sind. Im Hinblick auf das Management der IT ist allgemein anerkannt, dass insbesondere das Management der Unternehmensarchitekturen einen zentralen Erfolgsfaktor für den effizienten und effektiven Einsatz der Informationstechnologie im Unternehmen darstellt. Insgesamt steigt also die Notwendigkeit ein in den Fachbereichen verankertes und auch dynamisches Management der Unternehmensarchitektur zu schaffen. Aufbauend auf den Ergebnissen der Projekte „Schatten-IT“ und „BPM@Cloud“ sollen im Rahmen des hier beantragten Projektes ADAM Instrumente und Werkzeuge für ein agiles und dezentrales Architekturmanagement entwickelt werden. Ziel des Projektes ist es einerseits eine Definition der notwendigen Prozesse und Anforderungen zu erarbeiten und diese andererseits auch in einem konkreten System umzusetzen. Dabei ist das Projekt durch eine konsequente Umsetzung des agilen Ansatzes geprägt. Die Ergebnisse des Projektes sollen dabei laufend und in einer abschließenden Fallstudie überprüft werden.

**Prof. Dr. Christopher Rentrop**

Tel.: +49 (0)7531 206-499

E-Mail: [christopher.rentrop@htwg-konstanz.de](mailto:christopher.rentrop@htwg-konstanz.de)

#### ENTWICKLUNG EINES TECHNOLOGISCH VÖLLIG NEUEN, BIO- METRISCHEN GANZKÖRPER-ERKENNUNGSSYSTEMS AUF BASIS BERÜHRUNGSLOS, DYNAMISCH ERFASSTER 3D-SIGNATUREN

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines technologisch neuen, biometrischen Ganzkörper-Erkennungssystems auf Basis berührungslos, dynamisch erfasster 3D-Signaturen. Es gibt heute keine Erkennungssysteme, die in der Lage sind, Objekte oder Personen berührungslos, dynamisch und in 3D abzubilden und sie mit einem hohen Identifikationsgrad mit vorhandenen 3D-Datensätzen zu vergleichen. Daher planen Procon und Uni Kaiserslautern die Entwicklung eines Systems zur Erfassung eines 3D-Images, eines Systems zur Kompression der erfassten 3D-Daten, eines Verfahrens zur Darstellung der Qualität des Identifikationsgrades anhand physiologischer Merkmale und eines 3D-basierenden Zugangskontrollsystems. Bei Erfolg des Projektes können wesentliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik erzielt werden, wie eine berührungslose Sensorik zur Erfassung von vergleichbaren biometrischen 3D-Daten unter dynamischen Voraussetzungen, eine hohe Identifikationssicherheit auch unter Berücksichtigung optischer Veränderungen.

**Prof. Dr. Georg Umlauf**

Tel.: +49 (0)7531 206-451

E-Mail: [umlauf@htwg-konstanz.de](mailto:umlauf@htwg-konstanz.de)

#### LASERUNTERSTÜTZTE CAD-KONSTRUKTION

Im Auto-, Modell- und Formenbau sowie in der Computergrafik werden CAD-Modelle für den Prototypenbau, für Simulationen oder die spätere Fertigung von Werkstücken und virtuellen Objekten in einem dreistufigen Verfahren konstruiert. Zuerst wird ein physikalisches Modell ohne Funktionalität (z.B. ein Tonmodell) gebaut, mit verschiedensten Digitalisierungsverfahren in fein aufgelöste 3D-Punkte-Datensätze überführt und anschließend im Wesentlichen von Hand in ein CAD-Modell konvertiert. Dieser Reverse-Engineering-Prozess ist sehr zeit- und kostenintensiv. In den letzten Jahren haben sich zur Digitalisierung Laser-Scanner etabliert, die manuell über das zu digitalisierende Objekt geführt werden und in kürzester Zeit mehrere Millionen 3D-Punkte vermessen können (ca. 20.000/sec). Mit Hilfe geeigneter online Triangulierungsmethoden, die den gemessenen Punktdatenstrom in Echtzeit verarbeiten, kann die Digitalisierung erheblich vereinfacht und verkürzt werden. Ziel des Forschungsprojektes ist es, während des Scanvorgangs nicht nur die Punkt-Daten, sondern auch gleichzeitig die Konvertierung zum CAD-Modell zu erzeugen. Ein solches Verfahren dient zur online-CAD-Konstruktion mit Hilfe eines Laserscanners im Reverse-Engineering, das auch zur Erzeugung von Varianten eingesetzt werden kann. Durch eine solche lasergesteuerte Konstruktion können aufwendige, manuelle Nachkonstruktionen automatisiert und in Echtzeit durchgeführt werden.

**Prof. Dr. Georg Umlauf**

Tel.: +49 (0)7531 206-451

E-Mail: [umlauf@htwg-konstanz.de](mailto:umlauf@htwg-konstanz.de)

## MOBILE MULTIMEDIALE MULTILIEFERANTEN-VERTRIEBS- INFORMATIONSSYSTEME – M3V

Das M3V-Projekt (Mobile Multimediale Multilieferanten-Vertriebsinformationssysteme) zielt darauf ab, durch ein sicheres herstellerübergreifendes Informationssystem für Handelsvertreter die Erschließung von nationalen und internationalen Märkten für kleinere und mittelständische Unternehmen zu fördern.

Hintergrund und Anwendungsperspektive für M3V ist, dass viele kleine und mittlere Unternehmen (KMU) über kein eigenes Vertriebsnetz verfügen. Aus diesem Grund müssen sie, vor allem auch im Ausland, mit einem Partnernetz arbeiten, das meist aus kleinen Unternehmen oder selbstständigen Handelsvertretern besteht. Diese Vertriebspartner sind i.d.R. jedoch keine exklusiven Partner, d.h. sie vertreiben nicht nur die Produkte der KMUs, sondern auch Produkte anderer Hersteller. Für diese Konstellation des Vertriebs besteht heutzutage, auch aufgrund der geringen Größe der beteiligten Partner keine durchgängige mobile Vertriebsunterstützung.

In M3V wird eine mobile Plattform, basierend auf offenen Standards, entwickelt, die eine durchgängige mobile Unterstützung der gesamten Wertschöpfungskette von den Herstellern bis zum selbstständigen Handelsvertreter vor Ort bereit stellt. Besondere Herausforderungen sind dabei die Integration der unterschiedlichen Prozesse, Daten und Systeme sowie die Gewährleistung der Sicherheit, die notwendig ist, um Vertrauen bei den Nutzern (insbesondere den Herstellern) zu schaffen.

Dabei werden sowohl der Zugriff auf multimediale Produktdaten berücksichtigt als auch die Erfassung von Aufträgen und die Backend-Integration unterstützt. M3V wird dafür eine sichere mobile Vertriebsunterstützung konzipieren und umsetzen, die es ermöglicht, schnell und flexibel neue Lieferanten oder Vertriebspartner ohne zusätzlichen Aufwand zu integrieren.

Im Rahmen von M3V entstehen folgende Hauptergebnisse:

- Fachliches Gesamtkonzept (inkl. modellierten Referenzprozessen und Datenmodellen)
- Lauffähiges, integriertes Prototyp-System
- Pilotinstallation und Evaluation
- Einführungsleitfaden mit unterschiedlichen Sichten
- Umsetzbares Betreibermodell und daraus abgeleitete Geschäftsmodelle

Die Anwendbarkeit der entwickelten Lösung wird durch eine Pilotierung und die Integration des CDH e.V. Baden-Württemberg (Wirtschaftsverband für Handelsvermittlung und Vertrieb)

**Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Tel.: +49 (0)7531 206-502

E-Mail: [waesch@htwg-konstanz.de](mailto:waesch@htwg-konstanz.de)

## FAKULTÄT MASCHINENBAU

### COMMUNITY OF PRACTICE FOR STRATEGIC MANAGEMENT ARCHITECTURES

Die Community of Practice for Strategic Management Architectures hat zum Ziel, das Verständnis sowie Methoden und Systeme für dynamisches strategisches Management und Führung substantiell und anwendungsorientiert weiterzuentwickeln. Als geschäfts- und anwendungsorientierte Plattform wird CoPS durch Experten und Organisationen aus Industrie und Wissenschaft finanziell und aktiv unterstützt. CoPS folgt der Zielsetzung, die Forschungsergebnisse in der Community der „strategic manager“ zu verbreiten und so eine aktive Austauschplattform für diese zu werden. Zu diesem Zweck wird die Projektarbeit von CoPS durch die regelmäßige Dialogveranstaltung „Strategic Management Perspectives“ ergänzt.

**Prof. Dr. Guido Baltes**

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: [gbaltes@htwg-konstanz.de](mailto:gbaltes@htwg-konstanz.de)

### IPLANPRO – ENTWICKLUNG EINER GESAMTLÖSUNG FÜR DEN EINSATZ INTEGRIERTER STRATEGISCHER PLANUNG IM TECHNOLOGIENORIENTIERTEN MITTELSTAND

Strategische Kompetenz ist in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) wenig ausgeprägt, strategische Entscheidungen fallen informell und subjektiv – schnell werden so Veränderungen im Umfeld zur Existenzgefährdung. Die Implementierung formalisierter strategischer Planung kann jedoch die Überlebensfähigkeit dieser Unternehmen verbessern – dies kann empirisch insbesondere für Technologieunternehmen gezeigt werden. Großunternehmen haben darauf reagiert – dort werden integrierte strategische Planungssysteme teilweise genutzt. Die Übertragung auf KMU trifft jedoch auf Barrieren. Übergeordnetes Ziel ist es daher, eine auf KMU abgestimmte Lösung für integrierte strategische Planung zu entwickeln und diese für KMU nutzbar zu machen. Dafür werden bestehende Anwendungshürden adressiert und in einem integrierten Ansatz Aktivitäten des Risikomanagement miteinbezogen. Wissenschaftliches Ziel ist es, durch Übertragung von Erfahrungen aus der Großindustrie organisations- und ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse zur Gestaltung integrierter strategischer Planungslösungen zu gewinnen und damit einen empirisch fundierten Beitrag im konzeptionellen Rahmen der Dynamischen Fähigkeiten zu leisten.

**Prof. Dr. Guido Baltes**

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: [gbaltes@htwg-konstanz.de](mailto:gbaltes@htwg-konstanz.de)

### ITECHSALES – ENTWICKLUNG EINER GESAMTLÖSUNG ZUM EINSATZ VON SALES KONFIGURATOREN IN MITTELSTÄNDISCHEN UNTERNEHMEN

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind der Motor der Investition und bieten in Europa ca. 65 Millionen Menschen Arbeit. Um



so mehr müssen gerade dieser Art von Unternehmen neue Wege hinsichtlich ihrer Expansion geöffnet und so die Schaffung neuer Arbeitsplätze unterstützt werden. Das Ziel des Projektes ist es, die Expansionsfähigkeit von KMU durch neue, effizientere Vertriebswege zu stärken. Dies wird erreicht durch die Entwicklung einer Gesamtlösung, d.h. einer Methode zum Einsatz von Sales Konfiguratoren bei KMU. Für die Methode sind dabei eine angepasste Softwareversion eines Sales Konfigurators und Referenzmodelle für Produktmodellierung sowie optimierte Vertriebsprozesse zu entwickeln. Ein „Sales Konfigurator“ wird dabei verstanden als ein mit dem Vertrieb entwickeltes kunden- und anwendungsorientiertes Modell relevanter Produkte, abgebildet in einer „Vertriebssoftware“, die es dem Vertrieb erlaubt, direkt beim Kunden – ohne detailliertes technisches Wissen – Anforderungen zu erfassen und daraus auf Basis einer passenden Produktkonfiguration Angebote zu erstellen.

Durch diese Methode könnte für den Mittelstand organisches Wachstum mit weniger Finanzierungs-/Zeitaufwand, höhere vertriebliche Reaktionsfähigkeit (vor allem schnellere und breitere Einführung von Produktinnovationen) und Risiko-Reduzierung bei vertrieblicher Expansion ins Ausland erreicht werden. Das wissenschaftliche Ziel des Projektes ist es, ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse zum Bau von Vertriebskonfiguratoren für den Mittelstand durch Übertragung von Erfahrungen/Technologien aus Einzelfällen in der Großindustrie zu gewinnen und darauf basierend einen empirisch fundierten Beitrag zur Weiterentwicklung des konzeptionellen Rahmens der dynamischen Fähigkeiten („Dynamic Capabilities“) zu leisten. In diesem Sinne strebt das Projekt einen fokussierten wissenschaftlichen Beitrag zum besseren Verständnis von Koordinationsmechanismen an der Schnittstelle zwischen Marketing und Vertrieb auf der einen und den technischen Bereichen von Forschung, Entwicklung und Arbeitsplanung auf der anderen Seite an.

**Prof. Dr. Guido Baltes**

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: [gbaltes@htwg-konstanz.de](mailto:gbaltes@htwg-konstanz.de)

#### **ADAPSEC – INNOVATIVER PERSONENSCHUTZ DURCH ADAPTIVE SICHERHEITSSYSTEME IN KRAFTFAHRZEUGEN**

Das Forschungsprojekt hat das Gesamtziel, das Potenzial für die Anwendung von Formgedächtnislegierungen (FGL) im Bereich des Insassenschutzes auszuloten und technologisch weiterzuentwickeln, um die Anforderung aus der Praxis abdecken zu können. Konkret sollen für die Produktbereiche Sicherheitsgurt und Airbag die Möglichkeiten für den Einsatz von FGL für adaptiv arbeitende Sicherheitssysteme aufgezeigt werden, wobei neben der thermischen Aktivierung von FGL auch der mechanische Formgedächtniseffekt zum Einsatz kommen soll, der beispielsweise durch seine superelastischen Eigenschaften als Dämpfungselement oder zur Kraftbegrenzung eingesetzt werden könnte.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: [guempel@htwg-konstanz.de](mailto:guempel@htwg-konstanz.de)



#### **ENTWICKLUNG EINES NEUEN VERFAHRENS ZUR HERSTELLUNG VON DEKORATIVEN EDELSTAHL OBERFLÄCHEN MIT VERBESSERTER QUALITÄT, REPRODUZIERBARKEIT UND LANGLEBIGKEIT**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Herstellung dekorativer Edelstahloberflächen mit entscheidenden Verbesserungen in den Eigenschaften Konstanz und Reproduzierbarkeit des optischen Erscheinungsbildes sowie Korrosionsbeständigkeit. Dekorative Edelstahloberflächen mit fein geschliffenem oder auch gebürsteten Finish werden in vielen Anwendungen für Sichtflächen eingesetzt, etwa im Bauwesen bei Fassaden und Fahrstühlen, bei Haushaltsgeräten, verschiedenen Gebrauchsgegenständen und in der Fahrzeugtechnik für Verkleidungen und Zierteile. Dank ihres edlen, metallisch glänzenden Erscheinungsbildes, der praktisch unbegrenzten Langzeitbeständigkeit und weiterer vorteilhafter Eigenschaften haben diese Oberflächen eine sehr weite Verbreitung gefunden und sich seit vielen Jahren bewährt. Entsprechend der großen Bedeutung dieser Oberflächen gibt es von Anwenderseite aber auch zunehmend Anforderungen, die derzeit noch nicht vollständig erfüllt werden und die im Wesentlichen die beiden zuvor genannten Aspekte Konstanz und Reproduzierbarkeit des optischen Erscheinungsbildes sowie Korrosionsbeständigkeit betreffen. Ansatzpunkte für die im Rahmen dieses Projekts vorgesehene Entwicklung von Herstellungsverfahren, die auch diese gesteigerten Anforderungen an dekorative Edelstahloberflächen erfüllen, ergeben sich durch neue Messverfahren und Erkenntnisse zur Charakterisierung von Oberflächen.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: [guempel@htwg-konstanz.de](mailto:guempel@htwg-konstanz.de)

#### **KORRAGO – KORROSIONSVERHALTEN VON METALLISCHEN OBERFLÄCHEN BEI ABGASBEANSPRUCHUNG**

Das Projekt beinhaltet die Entwicklung einer geeigneten Prüfmethode für die Bestimmung des Korrosionsverhaltens von metallischen Oberflächen bei einer simulierten Abgasbeanspruchung.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: [guempel@htwg-konstanz.de](mailto:guempel@htwg-konstanz.de)





#### SCHADENSFALLANALYSEN UND WERKSTOFFTECHNIK

Neben Schadensfallanalysen an metallischen Bauteilen werden Dienstleistungen auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung und Beratungsleistungen in werkstoffkundlichen Fragen erbracht. Daneben werden Problemstellungen der metallverarbeitenden Industrie in Forschungsaufträgen bearbeitet. Speziell für die stahlverarbeitende Industrie kann auf ein breites Erfahrungspotenzial zurückgegriffen werden. Es können Korrosionsuntersuchungen und Versuche zum tribologischen Verhalten von Werkstoffen durchgeführt werden.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: [guempel@htwg-konstanz.de](mailto:guempel@htwg-konstanz.de)

#### STABICOR – EINFLUSS ERHÖHTER EINSATZTEMPERATUREN AUF DIE VERSCHLEISS- UND KORROSIONSEIGENSCHAFTEN VON RANDGESCHICHTETEN AUSTENITISCHEN STÄHLEN

Im Forschungsprojekt soll eine werkstoffkundliche Lösung für Bauteile aus nichtrostendem Stahl mit hochfester, verschleiß- und korrosionsbeständiger Oberfläche bei erhöhten Temperaturen gefunden werden. Maschinenbauteile und Anlagenkomponenten aus den unterschiedlichsten Bereichen sind im betrieblichen Einsatz häufig gleichzeitig einer hohen Korrosions- und Verschleißbeanspruchung ausgesetzt, welche die Lebensdauer der Teile vorzeitig begrenzt. Durch diese Begrenzung der Lebensdauer entstehen enorme privat- und volkswirtschaftliche Verluste und es werden Ressourcen unnötigerweise verbraucht. Daher sind große Anstrengungen zur Entwicklung von Technologien zur Reduzierung des Verschleißangriffes erforderlich, ohne dass dabei die Korrosionsbeständigkeit der Werkstoffe leidet. Die oft verwendete Beschichtung von Werkstoffoberflächen kann bei höheren Temperaturen durchaus kritisch sein, da man schlussendlich einen Verbundkörper aus zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften herstellt und es damit zu Haftungsproblemen kommen kann. Nichtrostende Stähle stellen für sehr viele Einsatzgebiete insgesamt eine sehr gute und nachhaltige Lö-

sung dar und finden aufgrund ihrer guten Korrosionsbeständigkeit ein breites Einsatzgebiet. Ausgehend von der Nachhaltigkeit des Einsatzes von nichtrostenden Stählen werden diese vermehrt in neuen Anwendungsgebieten wie z.B. in der Automobilindustrie und im allgemeinen Maschinenbau eingesetzt; so stieg beispielsweise die Produktion von Niro Stahl weltweit um 16,8 % in 2006 und erreicht damit einen Anteil von mehr als 25 % der gesamten Stahlproduktion.

Der guten korrosiven Beständigkeit gegen eine Vielzahl von Chemikalien steht eine nur geringe Verschleißbeständigkeit gegenüber, da diese hochkorrosionsbeständigen austenitischen, ferritischen und/oder Duplexstähle aufgrund des fehlenden Umwandlungsverhaltens nicht härtbar sind. Die mechanischen Eigenschaften der austenitischen nichtrostenden Stähle sind daher gekennzeichnet durch eine nur sehr geringe Härte und Verschleißbeständigkeit unter abrasiven und adhäsiven Beanspruchungsbedingungen sowie eine hohe Neigung zum Kaltverschweißen. Die Härtbarkeit mittels konventioneller thermisch-chemischer Diffusionsverfahren ist eingeschränkt, da durch die Bildung von hochchromhaltigen Ausscheidungen wie Chromnitriden und/oder Chromcarbiden eine Chromverarmung in der Matrix der randnahen Zone erfolgt, die die Korrosionsbeständigkeit schwächt oder sogar eliminiert. Neue Prozesse in der Wärmebehandlung zielen darauf ab, eine Steigerung der Härte und Verbesserung der Verschleißbeständigkeit zu erzielen ohne Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit zu nehmen. Durch Diffusion von Kohlenstoff und/oder Stickstoff kommt es zur Härtesteigerung durch interstitielle Zwangseinlagerung der Fremdatome in der Matrix, verbunden mit der Ausbildung von Druckeigenspannungen. Diese Verfahren kommen bisher bei moderaten Anwendungstemperaturen kommerziell zum Einsatz und bieten die Lösung für eine Vielzahl von Anwendungen vornehmlich in der Lebensmitteltechnik und der chemischen Industrie, also Bereichen, wo es zu chemisch-tribologischen Anforderungen bei Raumtemperatur kommt. Einer Erweiterung des Einsatzgebietes auf höhere Temperaturen steht die Unkenntnis der thermischen Stabilität dieser gehärteten Zone entgegen. Es ist auch nicht bekannt, ob bzw. wie sich die Kombination von Grundwerkstoffzusammensetzung und Oberflächenhärtungsverfahren auf die thermische Stabilität der gehärteten Zone auswirkt. Hier soll mit dem Vorhaben eine Klärung herbeigeführt werden, wobei hier auch die neuen, an strategisch kritischen Legierungselementen wie Nickel und Molybdän ärmeren nichtrostenden Stähle in die Untersuchungen mit einbezogen werden sollen.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: [guempel@htwg-konstanz.de](mailto:guempel@htwg-konstanz.de)

#### TECHNISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE ALTERNATIVEN ZU DEN KLASSISCHEN NICHTROSTENDEN, AUSTENITISCHEN STÄHLEN UNTER ATMOSPHÄRISCHEN EINSATZBEDINGUNGEN

Das Forschungsziel besteht in der systematischen und vergleichenden Eignungsuntersuchung alternativer Werkstofflegierungen im

Bereich der nichtrostenden Stähle. Dabei sollen für verschiedene Anwendungsbereiche geeignete Legierungen gefunden werden, die eine ökonomische Alternative zu den bisher üblicherweise eingesetzten Stahlsorten ermöglichen. Als Orientierung für die verschiedenen Anwendungsbereiche soll u.a. die Definition der Widerstandsklassen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.6-3 dienen. Durch die Forschungsarbeiten sollen für die Anwendungsbereiche der Widerstandsklassen II bis IV mögliche Alternativen bereitgestellt werden. Die Widerstandsklasse I bleibt unberücksichtigt, da die dort aufgeführten ferritischen Stähle mit relativ niedrigen Chromgehalten nicht sinnvoll durch Alternativen aus dem Spektrum der nichtrostenden Stähle zu ersetzen sind und die Legierungszuschläge in diesem Bereich mit 200–300 € moderat sind.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### **ENTWICKLUNG EINES UMWELTFREUNDLICHEN VERFAHRENS ZUM PASSIVIEREN VON EDELSTAHL ZUR VERBESSERUNG DES KORROSIONSSCHUTZES**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Erhöhung des Korrosionsschutzes von Edelstählen, die z. B. in der Luftfahrtindustrie, der Medizintechnik oder in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden. Das Verfahren soll eine derartige Verbesserung des Korrosionsschutzes bewirken, dass Edelstähle eingesetzt werden können, die zwei bis drei Legierungsstufen unter den beim Stand der Technik eingesetzten Edelstahlsorten liegen. Hieraus ergeben sich erhebliche wirtschaftliche Vorteile. Des Weiteren sollen aggressive Passivierungslösungen, wie Salpetersäure und/oder chromathaltige Lösungen, durch eine ungiftige und biologisch vollständig abbaubare Passivierungslösung ersetzt werden.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### **ANLAGEN- UND VERFAHRENTWICKLUNG ZUR SCHONEN- DEN UND ENERGIEEFFIZIENTEN PRODUKTION GETROCKNETER, BIOLOGISCHER GÜTER**

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur Trocknung empfindlicher biologischer Güter. Dieses vor allem für die Herstellung von Trockenfrüchten einsetzbare Verfahren soll im Gegensatz zum Stand der Technik erstmals die Temperatur des Trocknungsgutes als Führungsgröße nutzen und somit so effizient als möglich bei geringstmöglichen Qualitätsveränderungen während des Trocknungsprozesses arbeiten. Dadurch sollen sowohl Nachhaltigkeitseffekte durch die effizientere Energieausnutzung als auch signifikante Qualitätsverbesserungen erzielt werden.

**Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker**

Tel.: +49 (0)7531 206-593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### **ENTWICKLUNG EINES DIGITAL, NACH PRODUKTQUALITÄT UND -FEUCHTE GEREGETEN TROCKNUNGSPROZESSES FÜR AGRAR-PRODUKTE – INNOBAND**

Das Projektziel ist die Bereitstellung einer Technologie zur effizienten und kontinuierlichen Herstellung von Agrarprodukten höchster Qualität, unter Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien zur Regelung und Optimierung des Herstellungsprozesses mittels Bilderkennung und -auswertung, digitaler Regelung und kontinuierlichem Qualitätsmonitoring. Die Technologie soll für verschiedene Produkte nutzbar und auch für kleine Mengen an Trocknungsgütern einsetzbar sein.

**Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker**

Tel.: +49 (0)7531 206-593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### **RELOAD VERRINGERUNG VON NACHERNTEVERLUSTEN – WERTSCHÖPFUNG IN OSTAFRIKANISCHEN NAHRUNGSVERSORGUNGS-KETTEN**

Ziel des Projektes ist es, durch die Verringerung von Nachernteverlusten zur Ernährungssicherung in Ostafrika beizutragen. Dies wird durch eine optimierte Logistik und Forschung zu technologischen, produktspezifischen und sozioökonomischen Optionen entlang der Wertschöpfungsketten erreicht. Gewonnene Erkenntnisse werden von KMU möglichst nah bei den Produzenten umgesetzt. So können Arbeitsplätze geschaffen und Einkommen generiert werden. Durch Grundlagenuntersuchungen sollen die maßgeblichen Einflussfaktoren auf die Produktqualität, deren Interaktionen sowie deren Einfluss auf die optimalen Lagerungsbedingungen bestimmt werden. Weiterhin sollen Schädigungsdiagramme, als Hilfsmittel zur optimalen Einstellung der Prozessparameter, erstellt werden. Dazu werden Untersuchungen zum Trocknungsverhalten, zum Lagerverhalten und den dabei ablaufenden, wichtigsten Qualitätsveränderungen durchgeführt. Das Projekt ist ein Kooperationsprojekt unter Federführung der Universität Kassel.

**Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker**

Tel.: +49 (0)7531 206-593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### **EMISSIONSARMER ELEKTRODRLADLER**

Mobile Radlader sind aktuell durchgängig mit Dieselmotoren und hydraulischen Komponenten ausgestattet. Diese Motoren belasten die Umgebung mit Abgasen und einem hohen Schallpegel. Dieses Antriebsprinzip setzt zudem voraus, dass der Dieselmotor zum Antrieb der Hydraulikkomponenten permanent laufen muss. Das Ziel des Projektes ist es, den Dieselmotor vollständig durch dezentrale energieeffiziente Elektroantriebe zu ersetzen. Die wesentlichen Teile sind dabei vier permanenterregte Synchronmotoren als Radnabenmotoren mit elektrischer Bremse und der Möglichkeit zur Rückgewinnung der Bremsenergie, eine elektromechanische Lenkung und eine elektrisch angetriebene Hydraulikpumpe für das Heben und Senken sowie das Kippen der

Schaufel. Mit den elektromotorischen Antrieben sollen eine deutliche Reduzierung der Geräuschemissionen im Vergleich zum Dieselantrieb und die Vermeidung von Abgasemissionen vor Ort erreicht werden.

**Prof. Dr. Uwe Kosiedowski**

Tel.: +49 (0)7531 206-721

E-Mail: ukosiedo@htwg-konstanz.de

#### ECO CAR KONSTANZ-ECON

ECON ist eine studentische Initiative der Hochschule Konstanz, die das Ziel verfolgt, ein sparsames, ökologisches Fahrzeug mit großem „Spaßfaktor“ zu entwickeln und zu bauen. Dabei kommt es den Teilnehmern ebenso auf den damit verbundenen Lerneffekt wie auf den abschließenden Bau des Fahrzeugs an. Das Fahrzeug hat im Jahr 2011 an der Challenge Bibendum, einem Wettbewerb für nachhaltige Mobilität, teilgenommen.

**Prof. Dr.-Ing. Burkhard Lege**

Tel.: +49 (0)7531 206-309

E-Mail: lege@htwg-konstanz.de

#### BODENSEE-RACING-TEAM: FORMULA-STUDENT-RENNWAGEN

Studenten bauen in Teamarbeit einen einsitzigen Formelrennwagen, um damit bei einem Wettbewerb gegen Teams aus der ganzen Welt anzutreten. Bei der Formula Student gewinnt aber nicht einfach das schnellste Auto, sondern das Team mit dem besten Gesamtpaket aus Konstruktion und Rennperformance, Finanzplanung und Verkaufsargumenten. Der Anspruch der Formula Student ist die Ergänzung des Studiums um intensive Erfahrungen mit Konstruktion und Fertigung sowie mit den wirtschaftlichen Aspekten des Automobilbaus. Im Sinne dieser Zielsetzung sollen die Studenten annehmen, eine Produktionsfirma habe sie engagiert, um einen Prototypen zur Evaluation herzustellen. Zielgruppe ist der nicht-professionelle Wochenendrennfahrer. Dazu muss der Rennwagen beispielsweise sehr gute Fahreigenschaften hinsichtlich Beschleunigung, Bremskraft und Handling aufweisen. Der Monoposto soll wenig kosten, zuverlässig und einfach zu

betreiben sein. Zusätzlich wird sein Marktwert durch andere Faktoren wie Ästhetik, Komfort und den Einsatz üblicher Serienteile gesteigert. Die Herausforderung für die Teams besteht darin, einen Prototypen zu konstruieren und zu bauen, der diesen Anforderungen am besten entspricht. Zur Ermittlung des besten Fahrzeugs bewertet zum einen eine Jury aus Experten der Motorsport-, Automobil- und Zulieferindustrie jede Konstruktion, jeden Kostenplan und jede Verkaufspräsentation im Vergleich zu den konkurrierenden Teams. Zum anderen beweisen die Studenten auf der Rennstrecke in verschiedenen Disziplinen, wie sich ihre selbstgebaute Bolide in der Praxis bewähren.

**Prof. Dr. Andreas Lohmberg**

Tel.: +49 (0)7531 206-0

E-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de

#### STRÖMUNGSUNTERSUCHUNGEN

Markteinführungsstudie eines Absauggerätes mit verschiedenen Aufstellungsvarianten in realitätsnaher Umgebung. Erstellung eines Berichtes über die Strömungsanalyse bei verschiedenen Aufstellungsarten.

**Prof. Dr. Andreas Lohmberg**

Tel.: +49 (0)7531 206-229

E-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de

#### PRODUKTENTWICKLUNG IM BEREICH SPRITZGIESSEN AM BEISPIEL EINES DESIGNPRODUKTES

Es wird ein Substitutionskonzept für ein Spritzgussbauteil entwickelt und im Rahmen einer Serienfertigung umgesetzt. Ausgangspunkt ist eine Aluminiumbauteil, welches durch eine Polyamid-Produkt zu ersetzen ist. Die Produktentwicklung beinhaltet die Entwicklungsschritte: Substitutionskonzept, Bauteilmodellierung, Simulation, Prototypenbau, Werkzeugbau, Optimierung und schließlich die ausgereifte Serienfertigung.

**Prof. Dr. Carsten Manz**

Tel.: +49 (0)7531 206-292

E-Mail: manz@htwg-konstanz.de



**INNOVATIONSPORTAL ALS STRUKTURBILDENDE MASSNAHME ZUR  
UNTERSTÜTZUNG VON WISSENSTRANSFER UND INNOVATIONS-  
VORHABEN DURCH NUTZUNG VON IBH-KOMPETENZFELDERN –  
INVISTA-WTI**

Entwicklung eines Portals für grenzüberschreitenden Wissens- und Technologietransfer auf Basis der IBH-Kompetenzfelder

**Prof. Dr. Carsten Manz**

Tel: +49 (0)7531 206-292

E-Mail: [manz@htwg-konstanz.de](mailto:manz@htwg-konstanz.de)

**SCHÄDIGUNG VON KUNSTSTOFFEN IN DER PLASTIFIZIEREINHEIT  
EINER SPRITZGUSSMASCHINE IN ABHÄNGIGKEIT DES ROH-  
MATERIALFEUCHTEGEHALTS**

Aufbau versuchstechnischer Infrastruktur zur Ermittlung des Antriebsmoments an einer Spritzgießmaschine zur Bestimmung des Einflusses unterschiedlicher Trocknungsgrade von ausgesuchten Thermoplasten, Entwicklung und Fertigung eines dafür geeigneten Spritzgießwerkzeuges mit anschließender Versuchsdurchführung und

einer Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Materialaufbereitung im Vorfeld einer Spritzgussanwendung.

**Prof. Dr. Carsten Manz**

Tel: +49 (0)7531 206-292

E-Mail: [manz@htwg-konstanz.de](mailto:manz@htwg-konstanz.de)

**SELBSTOPTIMIERENDE TROCKNUNGSANLAGE FÜR GLEICH-  
MÄSSIGEN FEUCHTEGEHALTE VON HYGROSKOPISCHEN KUNST-  
STOFFEN AM MATERIALAUSTRITT EINES TROCKNUNGSTRICHTERS  
UNABHÄNGIG VON DER EINTRITTSFEUCHTE**

Im Projekt wird eine selbstoptimierende Trocknungsanlage entwickelt, die in einem kontinuierlichen Prozess Kunststoffgranulat trocknet. Diese Trockenanlage für Kunststoffgranulat soll mit einem neuen Verfahren das Trockengut definiert auf einen vorgewählten Trockengrad bringen. In der Praxis hat das zu trocknende Material eine variable Eintrittsfeuchte und der Materialdurchsatz durch die Trocknung kann sich stark verändern und damit auch die Verweilzeit im Trockenbehälter. Nach dem Start der kontinuierlichen Trocknung mit einem ge-

# Aptar

Radolfzell



**START YOUR CAREER**  
Wir brauchen Sie.

Als einer der weltweit führenden Hersteller von mechanischen Sprüh- und Dosiersystemen für die pharmazeutische Industrie sind wir mit unseren Produkten auf allen Kontinenten vertreten. Das verdanken wir der Innovationskraft und Erfahrung unserer über 600 Mitarbeiter. Steigen Sie bei uns ein und auf – an unseren Standorten Radolfzell und Eigeltingen.

Wir freuen uns über Ihre aussagekräftige Initiativbewerbung per Post oder E-Mail in einer pdf-Datei an: [karriere.rdl@aptar.com](mailto:karriere.rdl@aptar.com). Für Fragen stehen wir Ihnen unter Tel. 07732/801-0 gerne zur Verfügung.

Wir sind ein Mitglied der Aptargroup.

Aptar Radolfzell GmbH | Öschlestraße 54-56 | 78315 Radolfzell | [www.aptar.com](http://www.aptar.com)



gebenen Materialdurchsatz in der Trocknung wird über die Messung der aus dem Material ausgetretenen Feuchte der aktuelle Anfangsfeuchtegehalt online ermittelt. Mit der Kenntnis des Entfeuchtungsverhaltens sollen die Trockenparameter, wie dem Feuchtegehalt der Trockenluft, der Temperatur der Trockenluft, der Trockenluftmenge so gesteuert werden, dass das Material mit dem geringst möglichen Energieaufwand in den gewünschten Restfeuchtebereich getrocknet wird.

**Prof. Dr. Carsten Manz**

Tel.: +49 (0)7531 206-292

E-Mail: manz@htwg-konstanz.de

#### ANWENDUNGSORIENTIERTE REIBUNGS- UND VERSCHLEISSANALYSE FÜR GEPLANTE WERKSTOFFSYSTEME IN VERZÄHNUNGEN MITTELS SIMULATIONSPRÜFUNG AUF EINEM ZWISCHENBENTRIBOMETER – AREWESI

Nach dem aktuellen Stand der Technik werden Zwischenbentribometer (ZST) hauptsächlich für Grundlagenversuche und für entwicklungsbegleitende Versuche (Vergleich von Materialpaarungen, Simulationsprüfung) verwendet. Ziel des Vorhabens ist es mittels eines neu entwickelten adaptiven Zwischenbentribometers Verschleiß- und Reibungsdaten zur Auslegung von Verzahnungen zu ermitteln und ein Verfahren zum Übertrag der gewonnenen Daten in die Verzahnungsauslegung zu etablieren. Auf der Basis der im geplanten Vorhaben erzielten Ergebnisse, sollte es möglich sein, durch die Anpassung der Prüfabläufe auf dem ZST, noch vor der Durchführung von Bauteilversuchen aussagekräftige Daten zum Verschleißverhalten von Zahnflankenkontakten geplanter Getriebe zu erhalten. Somit ist eine ressourcenschonende Optimierung des industriellen Entwicklungsprozesses im Bereich der Zahnradgetriebeentwicklung möglich.

**Prof. Dr. Carsten Manz, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de



#### ENERGIEKETTE BRENNSTOFFZELLE

Eine Energiewandlungskette Photovoltaikanlage – Elektrolyseur – Wasserstoffverdichter, Wasserstoffspeicher – Brennstoffzelle nebst einer Überströmeinrichtung zu einem brennstoffzellengetriebenen Boot wird ausgelegt, installiert und behördlich abgenommen.

**Prof. Dr. Udo Schelling**

Tel.: +49 (0)7531 206-304

E-Mail: schell@htwg-konstanz.de

#### ABGASEMISSIONEN VON VERBRENNUNGSMOTOREN

Auf dem Gebiet der Optimierung der Abgasemissionen wurden in Zusammenarbeit mit verschiedenen Industriepartnern folgende Forschungsaufgaben durchgeführt: UFOP: Projekt „Biodiesel und Sportschifffahrt in der Euregio Bodensee“, Iveco: Untersuchungen mit einer mobilen Abgasmessanlage, Bosch: Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Motoroptimierung mit Hilfe einer freiprogrammierbaren Motorelektronik, MAN: Abgasuntersuchung und Zertifizierung von Dieselmotoren.

**Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner**

Tel.: +49 (0)7531 206-307

E-Mail: schreiner@htwg-konstanz.de

#### RTM CAE/CAX

Das Projekt unter Leitung des Karlsruher Instituts für Technologie KIT befasst sich mit dem Aufbau einer durchgängigen CAE/Cax-Kette für das RTM-Verfahren vor dem Hintergrund der Herstellung von Hochleistungsfaserverbundwerkstoffen.

**Prof. Dr. Philipp Steibler**

Tel.: +49 (0)7531 206-727

E-Mail: philipp.steibler@htwg-konstanz.de

#### INNOFASER – INNOVATIVE FASERVERBUNDBAUTEILE FÜR NEUE MÄRKTE

InnoFaser steht für die Spitzentechnologie der Innovativen Faserverbundwerkstoffe und bezeichnet die Optimierung der Fertigungstechnologie für faserverstärkte Kunststoffe und deren professioneller Vermarktung. Das Projekt zeigt, dass es dank der engen Zusammenarbeit von Marketing und Produktentwicklung im Leichtbau gelingen kann, neue und attraktive Geschäftsfelder für eine bekannte Technologie zu erschließen. Das Gebiet des Leichtbaus, einer Konstruktionsphilosophie, die maximale Gewichtsersparnis zum Zweck hat, ist sehr modern, denn es liefert einen der Lösungsansätze zum sparsamen Umgang mit den knapper werdenden Ressourcen Werkstoffe und Energie. Ein methodischer Beitrag zum Hightech Marketing schließt eine aktuelle Forschungslücke: Die traditionelle Marktforschung kann die Frage nach neuen, attraktiven Geschäftsfeldern für bekannte Technologien nicht beantworten. Sie kann nicht zeigen, in welchen Märkten welche wirtschaftlich relevanten, latenten Bedürfnisse existieren, die mit der zu vermarktenden Technologie befriedigt werden können. Die Aufgabe lautet, zu einer Technologie die passenden Märkte und Kunden zu



finden. Die Gesamtprojektleitung lag bei Prof. Dr.-Ing. Michael Niedermeier, Hochschule Ravensburg Weingarten.

**Prof. Dr.-Ing. Reinhard Winkler**

Tel.: +49 (0)7531 206-754

E-Mail: [rwinkler@htwg-konstanz.de](mailto:rwinkler@htwg-konstanz.de)

## FAKULTÄT WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

### WIRTSCHAFTSRECHT-DATENBANKSYSTEM

Im Projekt werden zunächst die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für die Erstellung eines Wirtschaftsrecht-Datenbanksystems ermittelt und darauf basierend die Datenbank selbst erstellt.

**Prof. Dr. Susanne Engelsing**

Tel.: +49 (0)7531 206-746

E-Mail: [susanne.engelsing@htwg-konstanz.de](mailto:susanne.engelsing@htwg-konstanz.de)

### MANAGEMENT, KULTUR UND KOMMUNIKATION IM INTERNATIONALEN WIRTSCHAFTSLEBEN

Grenzüberschreitende Kommunikations- und Kooperationsprozesse in der Wirtschaft sind Gegenstand dieses Projektes. Ziele eines der Teilprojekte sind es, erstens Erkenntnisse über die Form und insbesondere über die von Beteiligten und Beobachtern wahrgenommenen Schwierigkeiten der Interaktion in der Wirtschaft zu gewinnen; und zweitens rezipierte, teilweise nicht ausreichend kritisch tradierte Einsichten und Ansichten über die Interaktion im internationalen Wirtschaftsleben kritisch zu überprüfen. Ein weiteres Teilprojekt beschäftigt sich mit den Auswirkungen von grenzüberschreitenden Fusionen auf Kommunikations- und Kooperationsprozesse. Es untersucht die Managementkommunikation auf den höchsten Führungsebenen zwischen einem nordamerikanischen Konzern und einer deutschen Tochtergesellschaft und zwischen derselben deutschen Firma und einer französischen Schwestergesellschaft. Dabei wird eine Vielzahl an Daten über die Sprache, Form, Medium, Funktion und Schwierigkeiten aus deutscher Sicht der erlebten Kommunikation erhoben. Auf dieser Grundlage werden Konzepte zur Optimierung der Kommunikation und Kooperation entwickelt.

**Prof. Peter Franklin**

Tel.: +49 (0)7531 206-396

E-Mail: [franklin@htwg-konstanz.de](mailto:franklin@htwg-konstanz.de)

### ANTI-FRAUD MANAGEMENT IM MITTELSTAND

Das Forschungsprojekt „Anti-Fraud Management im Mittelstand“ fokussiert die Untersuchung der Corporate Governance und besonders der Compliance in mittelständischen und Familienunternehmen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Managementmodells zur nachhaltigen Unternehmensführung von mittelständischen Unternehmen, insbesondere zur Risikoreduzierung und Prävention wirt-

schaftskrimineller Handlungen. Um diesem Ziel gerecht zu werden, werden modulare Bausteine der Corporate Governance im Mittelstand entwickelt, die jeweils differente Risikobereiche (Führungsstrukturen, Ressourcen, Internationalisierungsgrad etc.) adressieren und je nach Ausprägungsform des mittelständischen Unternehmens (eigentümergeführt, fremdgeführt etc.) anforderungsgerecht in einem umfassenden Corporate Governance-Modell kombiniert werden. Zwei Aspekte stehen im Vordergrund des Forschungsprojektes, die parallel abgearbeitet werden: Zum einen wird der Verhaltensaspekt der Compliance betrachtet, der die Motivationsstrukturen von Menschen in Organisationen analysiert und untersucht, durch welche Maßnahmen, Anreize und vor allem Führungsstile etc. diese Motivationsstrukturen so beeinflusst werden können, damit compliancegerechtes Verhalten wahrscheinlich ist. Zum anderen wird der Fokus auf die Operationalisierung der Compliance im Unternehmen, auf das sogenannte Anti-Fraud Management, gelegt. Theoretisch abgearbeitet wird der Forschungsgegenstand an den Ansätzen der Agenturtheorie, der neuen Organisationsökonomik, der Governanceethik, der verhaltenspsychologischen und neuroökonomischen Behavioral Business Ethics, Kriminalitätsmodelle wie die Fraud Triangle und die Theorie der differenzierten Assoziation sowie entlang der aus Interviews mit den Kooperationspartnern gewonnenen Erkenntnissen. Das Forschungsprojekt will einen Beitrag zur Gestaltung wirksamer Anti-Fraud Maßnahmen und damit zur Existenzsicherung und zum Risikomanagement mittelständischer und Familienunternehmen leisten.

**Prof. Dr. Stephan Grüninger**

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: [stephan.grueninger@htwg-konstanz.de](mailto:stephan.grueninger@htwg-konstanz.de)

### LEITLINIEN FÜR DAS MANAGEMENT VON ORGANISATIONS- UND AUFSICHTSPFLICHTEN

Das Forschungsprojekt hat zum Ziel, die Anforderungen zur Erfüllung der wesentlichen Organisationspflichten (Organisations- und Aufsichtspflichten) bei der Leitung und Überwachung von Unternehmen zu identifizieren, die Prinzipien der dazu erforderlichen Management-Maßnahmen zu untersuchen sowie daraus abgeleitete „Leitfäden zur Beurteilung der Organisations- und Aufsichtspflichten“ für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen zu erstellen. Das Projekt ist dazu geeignet, einen für Forschung und Praxis im Bereich der Unternehmensführung und -aufsicht (Corporate Governance) gleichermaßen wesentlichen Beitrag zur Schließung der Lücke zu leisten, die sich zwischen einer Vielzahl rechtlicher Anforderungen – die notwendigerweise mit Hilfe unbestimmter Rechtsbegriffe formuliert sind (hier v.a. Organisationspflicht, Aufsichtspflicht, sonstige Sorgfaltspflicht) – und deren faktischen Interpretation und Umsetzung entsprechender Management-Maßnahmen in Unternehmen auftut. Denn häufig sind weder für die Ausgestaltung von sog. Compliance-Management-Systemen noch für einzelne Rechtsgebiete (Korruption, Kartellrecht, Exportkontrolle, Arbeits- und Sozialstandards etc.) konkrete rechtliche Vorgaben vorhanden. Die u.a. von den

Projektleitern in den letzten Jahren erarbeiteten generischen Modelle und Rahmenkonzepte haben zu einer ersten Konkretisierung der Anforderungen an Compliance-Management-Systeme beigetragen. Mit dem geplanten betriebswirtschaftlich-juristischen Forschungsprojekt soll aufbauend auf diesen eigenen und fremden Vorarbeiten untersucht werden, welche Risikofelder im Bereich Compliance besonders relevant sind, wie Compliance-Maßnahmen zur Erfüllung von Organisationspflichten (Aufsichts- und Sorgfaltspflichten) in der Praxis umgesetzt werden, um daraufhin Prinzipien und Leitlinien für die Gestaltung von Compliance-Management-Systemen zur Sicherstellung der Erfüllung von Sorgfalts- und Aufsichtspflichten für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen zu entwickeln. Hintergrund für diese Vorgehensweise ist, dass auch Staatsanwaltschaften und Gerichte bei einem zu überprüfenden Organisations- und Organverhalten, hier die Verletzung von Organisationspflichten, sich orientieren müssen an solchen Prinzipien und Leitlinien der Umsetzung von Compliance-Maßnahmen bezogen auf die Größe und Komplexität der Organisation. Das Problem für evaluierende Dritte (Richter, aber auch externe Wirtschaftsprüfer, sonstige Gutachter) sowie für Unternehmen selbst ist in diesem Zusammenhang, dass bislang Prinzipien und Leitlinien fehlen, die Orientierung geben, ob die Umsetzung einer Compliance-Maßnahme zum betreffenden Unternehmen passt, damit die Ziele des Compliance-Managements (z.B. Beiträge zur Vermeidung von Verstößen) erreicht werden können (Effektivität der Compliance). Das geplante Forschungsprojekt zielt auf die Realisierung dieses Forschungsdesiderates, damit der Unternehmens- und Rechtspraxis klarere Handlungsorientierungen und Interpretationsleitlinien zu den Anforderungen an Compliance-Maßnahmen (Compliance-Organisation, -Regeln, -Trainings, Hinweismöglichkeiten etc.), unterstützende Strukturen (z.B. Finanzbuchhaltung/Controlling, Interne Revision) und operative Kontrollen (z.B. Segregation of Duties, IT- Berechtigungskonzepte) für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen gegeben werden können. Eine wesentliche Aufgabe in dem Projekt besteht in der Klassifizierung von unterschiedlichen Compliance-Komplexitätsstufen, in die Unternehmen eingeordnet werden können. Die Komplexitätsstufen werden in Abhängigkeit von Komplexitätsfaktoren gebildet (z.B. Umsatz, Anzahl der Mitarbeiter bzw. Anzahl der vom Compliance-System direkt betroffenen Mitarbeiter, Branche, Geschäftsmodell [z.B. bzgl. Vertriebswegen], Grad der Internationalisierung bzw. Anteil Auslandsgeschäft am Gesamtumsatz, Geschäftstätigkeit in Ländern mit erhöhtem Risiko zur Non-Compliance, generische Risikoexposition hinsichtlich Compliance-Verstößen [z.B. Korruptionsrisiko], Komplexität der Organisationsstruktur, dezentrale Entscheidungsbefugnisse bzw. Möglichkeiten zentraler Kontrolle, Fehlverhalten/Straftaten in der Vergangenheit). Die Vorgehensweise im geplanten Projekt beinhaltet die folgenden Arbeitsschritte: Risikoorientierte Identifikation von Sorgfaltspflichten durch Befragung von Unternehmen auf der Basis generischer Compliance-Risiken (Auswertung internationaler Literatur, Surveys etc.), Untersuchung der Begriffe Sorgfaltspflicht, Aufsichtspflicht, Organisati-



onspflicht aus ökonomisch-betriebswirtschaftlicher und juristischer Perspektive (Auswertung internationalen Literatur), Entwicklung eines Modells der Compliance-Komplexitätsstufen auf der Basis der o.g. und ggf. weiteren Kriterien, Durchführung von Experteninterviews in ausgewählten Unternehmen zur Aufnahme der Ist-Zustände in Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen sowie die Ableitung von Prinzipien, Leitlinien und Handlungsempfehlungen für die Umsetzung von Compliance-Maßnahmen zur Sicherstellung der Erfüllung von Sorgfalts- und Aufsichtspflichten in Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen. Alle Arbeitsschritte verfolgen einen interdisziplinären Forschungsansatz, wobei die juristische Expertise durch den Kooperationspartner WilmerHale, namentlich Herrn RAuN Dr. Roland Steinmeyer, sichergestellt ist. Praxisbezug und -transfer der Forschungsergebnisse werden durch die Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern ABB AG, BASF SE, Elma Hans Schmidbauer GmbH & Co KG, Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, PFISTERER AG, PricewaterhouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft und Wilmer Cutler Pickering Hale and Dorr LLP (WilmerHale) durch Befragungen und vertiefende Expertengespräche im Rahmen der Erhebung der Angemessenheit und Funktionsfähigkeit zur Erfüllung von Organisationspflichten im Compliance-Management und der Möglichkeit des Benchmarking des eigenen Systems mit den identifizierten Anforderungen an die jeweilige Compliance-Komplexitätsstufe sichergestellt.

**Prof. Dr. Stephan Grüninger**

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: [stephan.grueninger@htwg-konstanz.de](mailto:stephan.grueninger@htwg-konstanz.de)

**KONSTANZ INSTITUT FÜR CORPORATE GOVERNANCE  
(ARBEITSTITEL: FORUM COMPLIANCE & INTEGRITY)**

Das „Forum Compliance & Integrity – Anwenderrat für Wertemanagement ZfW“ ist ein freiwilliger Zusammenschluss von Unternehmen und Verbänden, die Anwender und Multiplikatoren des Wertemanagementsystem ZfW sind. Es hat sich die Förderung, Weiterentwick-

# reise.com

**www.reise.com** – News, Reisetipps und Infos auch unter facebook/reise.com



## STUDI-REISEN

zu kleinen Preisen!

**reise.com** schenkt Dir **€ 50,-**

AKTIONSCODE  
**RCFH2013**

Auf alle Pauschal- und Lastminute  
Reisen ab einem Reisepreis von  
€ 750,-. Alle Informationen unter:  
[www.reise.com/gutschein](http://www.reise.com/gutschein)





lung und Qualitätssicherung des WerteManagementSystem ZfW zum Ziel gesetzt. Durch seine Praxiskompetenz ist der Anwendungsbezug des WerteManagementSystem ZfW gesichert. Zudem bietet das Forum seinen Mitgliedern eine Plattform für kontinuierlichen Erfahrungsaustausch und gegenseitige Beratung. Das KICG übernimmt die Leitung des Koordinationsbüros des Forums und unterstützt die Arbeitsgruppen in ihrer inhaltlichen Arbeit.

**Prof. Dr. Stephan Grüninger**

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: [stephan.grueninger@htwg-konstanz.de](mailto:stephan.grueninger@htwg-konstanz.de)

#### COMPLIANCE, ETHICS AND INTEGRITY

Das im Mai 2013 gegründete Center for Business Compliance & Integrity (CBCI) ist eine privatwirtschaftlich geförderte Forschungs- und Entwicklungs-koooperation der HTWG Konstanz und COMFORMIS, einem Compliance-Dienstleister für den Mittelstand. Das organisatorisch am Konstanz Institut für Corporate Governance (KICG) angesiedelte CBCI ist auf den Gebieten Corporate Compliance, Business Ethics und Integrity Management tätig. Ziel der Kooperation ist es, Ergebnisse aus der Forschung für praxisrelevante Konzepte und Methoden fruchtbar zu machen. Im Fokus der Arbeit des Center for Business Compliance & Integrity steht das Thema „Compliance im Mittelstand“, da die Einhaltung gesetzlicher und regulatorischer Anforderungen sowie interner Regeln und Verhaltensstandards auch für mittelständische Unternehmen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die Anforderungen an Compliance für typisch mittelständische Unternehmen zu kennen ist somit entscheidend für ein erfolgreiches Compliance Management. Das CBCI ist bestrebt, diese herauszuarbeiten und damit der Frage einer angemessenen und wirksamen Governance-Struktur im Bereich Compliance für mittelständische Unternehmen nachzugehen. Dabei geht es zunächst darum, den Bedarf und die Mindestanforderungen an Compliance im Mittelstand zu beleuchten. Daraufhin soll ein ent-

sprechendes Implementierungs- und Prüfungsmodell entwickelt werden, das die besonderen Herausforderungen, vor denen mittelständische Unternehmen stehen, berücksichtigt. Ziel des CBCI ist es, dabei sowohl wissenschaftliche als auch praxisorientierte Diskurse zu dieser Thematik zu initiieren und angemessene Methoden und Standards in diesem Bereich zu entwickeln.

**Prof. Dr. Stephan Grüninger**

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: [stephan.grueninger@htwg-konstanz.de](mailto:stephan.grueninger@htwg-konstanz.de)

#### EVALUIERUNG VON AUSWAHLVERFAHREN FÜR AUSLÄNDISCHE STUDIENBEWERBER

Es wird erhoben, wie die Erfolgsquoten ausländischer Studierender in öffentlich finanzierten Studienplätzen an staatlichen Hochschulen sind und wie die Erfolgsquoten verbessert werden können. In einem ersten Schritt werden die bei den Hochschulen vorhandenen Daten über die Studienerfolge ausländischer Studierender an den Fachhochschulen in Baden-Württemberg erhoben. Anschließend wird eine Datenbank mit den Studienverlaufsdaten ausländischer Studierender der letzten mindestens 10 Jahre angelegt und die Daten werden analysiert. Von Bedeutung sind insbesondere folgende Fragen: Wie ist die Erfolgsquote der in Studienkollegs vorbereiteten Studierenden im Vergleich zu den direkt zugelassenen? Welche Auswahlverfahren sind besonders vorhersagekräftig? Sind spezielle Fachnoten, z.B. in Mathematik, aussagekräftige Indikatoren für den Studienerfolg in bestimmten Fächern? Ein Abschlussbericht fasst die Auswertung zusammen und bewertet alle signifikanten Merkmale. Es werden Vorschläge für eine Optimierung von Studierendenauswahl und Studienvorbereitung unterbreitet. Konkrete Verbesserungen, z.B. durch Überarbeitung von Auswahlverfahren wie dem Aufnahmetest des Studienkollegs, werden veranlasst.

**Prof. Dr. Christian Krekeler**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: [krekeler@htwg-konstanz.de](mailto:krekeler@htwg-konstanz.de)

#### KOOPERATIVE EINFÜHRUNG FACHSPEZIFISCHER STUDIERFÄHIGKEITSTESTS AN DEN FACHHOCHSCHULEN DES LANDES BADEN-WÜRTTEMBERG

Das Gesetz zur Umsetzung der Föderalismusreform im Hochschulbereich über die Hochschulvergabeordnung (HVVO) sowie das Hochschulzulassungsgesetz (HZG) für zulassungsbeschränkte Studiengänge fordern ab dem WS 2011/2012 fachspezifische Studierfähigkeitstests (FSFT) oder Auswahlgespräche als verpflichtende Komponente des Zulassungsverfahrens. In dem Kooperationsprojekt zwischen den Hochschulen Esslingen, Karlsruhe, Konstanz, Mannheim, Offenburg, Reutlingen, Rottenburg, Stuttgart HDM und Ulm werden fachspezifische Studierfähigkeitstests entwickelt. An der Hochschule Konstanz werden die Prüfungsteile Deutsch und Englisch entwickelt.

**Prof. Dr. Christian Krekeler**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: [krekeler@htwg-konstanz.de](mailto:krekeler@htwg-konstanz.de)

## NETZWERKE FÜR STUDIUM UND BERUF

Mit dem Projekt „Netzwerke für Studium und Beruf“ wird an der Hochschule Konstanz modellhaft eine umfassende Struktur zur Integration ausländischer Studierender geschaffen. Die Netzwerke sollen nach dem Ende des Projekts fortgeschrieben werden und nach der Evaluation anderen Fachhochschulen mit ähnlicher Größe und Struktur als Modell dienen.

**Prof. Dr. Christian Krekeler**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: [krekeler@htwg-konstanz.de](mailto:krekeler@htwg-konstanz.de)

## INTERKULTURELLES ZENTRUM

An der Hochschule Konstanz wird ein „Interkulturelles Zentrum“ aufgebaut und etabliert, das allen Beteiligten des Hochschulalltags interkulturelle Kompetenz als Basis für effiziente und effektive Integrationsarbeit vermittelt sowie einschlägige Maßnahmen initiiert und koordiniert. Dadurch soll die Internationalisierung der Hochschule wesentlich gefördert werden. Die Maßnahmen des Interkulturellen Zentrums sollen ferner einen Beitrag dazu leisten, dass sich der Studierenerfolg ausländischer Studierender erhöht. Es werden Maßnahmen zur Ausbildung/Personalentwicklung durchgeführt und studentische Projekte initiiert. Als übergreifende Maßnahme wird das Zertifikat »Studium International« etabliert, mit dem Studierende etwa Aktivitäten zur Vorbereitung auf eine internationale Berufstätigkeit nachweisen können. Die Ergebnisse des Projekts werden in einer Bilanzta- gung vorgestellt.

**Prof. Dr. Christian Krekeler, Prof. Peter Franklin,**

**Prof. Dr. Andrea Steinhilber**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: [krekeler@htwg-konstanz.de](mailto:krekeler@htwg-konstanz.de)

## SCHREIBBERATUNG FÜR STUDIUM UND BERUF

An der Hochschule Konstanz wird eine Schreibberatung aufgebaut, umgesetzt und evaluiert. Die Hochschule reagiert damit auf Schwierigkeiten, die Studierende mit Schreibenforderungen im Studium haben. Damit wird zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis beigetragen und die Studierenden werden auf die Schreibenforderungen im Beruf vorbereitet. Die Schreibberatung nimmt folgende Aufgaben wahr: Kurse für Studierende im akademischen und professionellen Schreiben: Semesterkurse und Blockseminare in der vorlesungsfreien Zeit; individuelle Schreibberatung: Beratung bei Referaten, Präsentationen, Seminar- Haus- und Abschlussarbeiten, Beratung für Abschlusskandidaten, Bewerbungsberatung; Beratung für Lehrkräfte und Mitarbeitende: Hilfe bei der Erstellung fachspezifischer, didaktischer Konzepte zur Begleitung des studentischen Schreibprozesses.

**Prof. Dr. Christian Krekeler, Prof. Dr. Volker Friedrich,**

**Prof. Dr. Gabriele Thelen**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: [krekeler@htwg-konstanz.de](mailto:krekeler@htwg-konstanz.de)

## UNTERSUCHUNG DES STUDIENVERLAUFS AUSLÄNDISCHER STUDIERENDER AN FACHHOCHSCHULEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG

In diesem Projekt wird ein Verfahren entwickelt und erprobt, mit dem die Erfolgsquote und der Studienverlauf ausländischer Studierender an Fachhochschulen in Baden-Württemberg erhoben werden können. Folgende Arbeitsschritte werden durchgeführt:

- Auswertung der Studienverlaufsdaten und Berechnung der Erfolgsquote und die Analyse des Studienverlaufes.
- Sicherung der Datenkonsistenz bei der Zusammenführung unterschiedlicher Datenquellen auf der Grundlage einer Datenkorrektur und einer dazu geschaffenen Fehlersystematik.
- Entwicklung eines Verfahrens, das die Einbeziehung von Studierenden ermöglicht, die später zu einem begonnenen Studiengang hinzugekommen sind.
- Weiterentwicklung und Erweiterung der EDV-gestützten Lösungen für Datenauswertung und Ergebnisdarstellung.
- Dokumentation der Untersuchung und Auswertung der Untersuchungsergebnisse.

**Prof. Dr. Christian Krekeler**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: [krekeler@htwg-konstanz.de](mailto:krekeler@htwg-konstanz.de)

## OPTIMIERUNG VON TOTAL COST OF OWNERSHIP DIENSTLEISTUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Produktbegleitende Dienstleistungen werden zukünftig eine weiter steigende Bedeutung für die nachhaltige Entwicklung von Unternehmen haben. Aktuelle Ergebnisse der Dienstleistungsforschung sowie Experteneinschätzungen aus der Praxis zeigen in diesem Zusammenhang, dass produktlebenszyklusorientierte Dienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau – einer technologieintensiven Schlüsselbranche in Baden-Württemberg – oft nur unzureichend angeboten werden. Diese werden jedoch zunehmend von Abnehmerunternehmen nachgefragt. Hieraus resultiert mittelfristig das Problem einer sich verschlechternden Wettbewerbsfähigkeit der oftmals kleinen und mittelständischen Anbieter-Unternehmen.

Vor dem Hintergrund der skizzierten Ausgangslage sollen im Rahmen des geplanten Transferprojektes aus der aktuellen Dienstleistungsforschung produktlebenszyklusorientierte Serviceleistungen im Sinne des Total Cost of Ownership (TCO) bzw. Life Cycle Cost (LCC) Ansatzes entwickelt und in kleinen und mittelständischen Pilotbetrieben des Maschinen- und Anlagenbaus verankert werden. Die Vorgehensweise soll einen Ergebnistransfer auf andere Unternehmen der betrachteten Branche in Baden-Württemberg ermöglichen und damit eine breite Nutzbarkeit sicherstellen. Aus dem Projekt soll ein unmittelbarer Nutzen für die beteiligten Pilotunternehmen durch die kundenorientierte Erweiterung ihres Dienstleistungsangebotes, eine zu erwartende Steigerung des Dienstleistungsumsatzanteils, die nachhaltige Absicherung der Wettbewerbssituation sowie die Erfüllung





der zunehmend von Kunden erhobenen Forderung nach LCC/TCO-Angeboten entstehen. Für andere kleine und mittelständische Maschinen-/Anlagenbau-Unternehmen in Baden-Württemberg soll ein Nutzen durch die Möglichkeit der Übernahme der Projektergebnisse auf Basis eines generischen Umsetzungskonzeptes mit Handlungsleitfaden sowie Schulungs-/Workshop- und Transfersystematik entstehen. Die Unternehmen der Kundenbranchen, wie z.B. diejenigen des Automotive-Sektors, haben aufgrund der mit LCC/TCO-Konzepten zu erwartenden Steigerung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit einen entsprechenden Nutzen aus dem Projekt. Durch die Wahl der Projektpartner wird eine abgestimmte Verbreitung der Projektergebnisse sowie deren Nutzbarkeit auch nach Projektende sichergestellt.

**Prof. Dr. Stefan Schweiger**

Tel.: +49 (0)7531 206-443

E-Mail: [schweiger@htwg-konstanz.de](mailto:schweiger@htwg-konstanz.de)

Aufenthaltsdauer, der Trend zu Zweit- und Drittreisen sowie immer kürzere Buchungsfristen. Diese übergeordneten Trends haben auch erhebliche Auswirkungen auf den Tourismus in der Bodenseeregion.

Mit dem Projekt sollen folgende Ziele erreicht werden: 1. Schaffung von Grundlagen für Definition und beispielhafte Ausarbeitung für das Kerngeschäftsmanagement, 2. Einordnung der profilprägenden und bekanntesten Destinationen innerhalb der Gesamtdestination, 3. Schaffung einer abgestimmten Vorgehensweise zwischen den Akteuren. Entwicklung einer gemeinsamen Vision, die identitätsstiftend nach innen und imageprägend nach außen wirkt, insgesamt emotionalisierend, positiv aufgeladen wirkt und gut erinnert wird.

**Prof. Dr. Tatjana Thimm**

Tel.: +49 (0)7531 206-145

E-Mail: [thimm@htwg-konstanz.de](mailto:thimm@htwg-konstanz.de)

#### INBOUND AND OUTBOUND TOURISM IN INDIA

Im Rahmen des Projektes wurden Strukturen des Indientourismus nach Deutschland/Europa und Deutschland-/Europatourismus nach Indien qua Primär- und Sekundäranalyse untersucht.

**Prof. Dr. Tatjana Thimm**

Tel.: +49 (0)7531 206-145

E-Mail: [thimm@htwg-konstanz.de](mailto:thimm@htwg-konstanz.de)

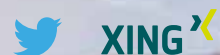
#### POSITIONIERUNG DER BODENSEEREGION

Die Etablierung einer einheitlichen Marke Bodensee und die gemeinsame Positionierung der Bodenseeregion als Tourismusdestination gestaltete sich in den letzten Jahren schwierig. Verantwortlich hierfür sind zum einen strukturelle Ungleichheiten innerhalb der Region, die sich in unterschiedlichen Tourismusintensitäten, unterschiedlichen Gästegruppen und Nachfrageschwerpunkten zeigen. Der Bodensee spielt in den Vermarktungsaktivitäten der einzelnen Teilregionen eine unterschiedlich prägende Rolle; gemeinsame Vermarktungsschwerpunkte, insbesondere für den internationalen Markt, sind unzureichend aufgearbeitet; Qualitätsstandards in Infrastruktur und Angebot sind unterschiedlich entwickelt; die Teilregionen haben ihre Positionierungen unabhängig voneinander vorgenommen. Neben diesen regionsinternen Hemmnissen sieht sich die Bodenseeregion mit Entwicklungstendenzen konfrontiert, die einem allgemeinen Trend folgen. Hierzu zählen u.a. eine kontinuierliche Abnahme der

# LENKEN SIE IHRE ZUKUNFT IN NEUE BAHNEN.

Als Technologieführer im Bereich Lenksysteme und Massivumformung ist ThyssenKrupp Presta Steering innovativer Partner der Automobilindustrie. Wir bringen Ideen auf die Strasse und sorgen täglich dafür, dass Millionen von Fahrzeugen sicher in der Spur bleiben. An weltweit 16 Standorten denken wir Technik weiter. Was unsere mehr als 5'000 Mitarbeiter dabei täglich verbindet: Dynamik, Innovationsfreude – und Leidenschaft für das Automobil. Steigen Sie bei uns ein und lenken Sie Ihre berufliche Entwicklung in neue Bahnen:

[www.thyssenkrupp-presta.com](http://www.thyssenkrupp-presta.com)



ThyssenKrupp Presta Steering



**wetter.com**

## WANTED

Im Internet und den neuen Medien zu Hause? Dann sind Sie bei uns genau richtig!

Mit einem **studienbegleitenden Praktikum (m/w)** bei der wetter.com AG lernen Sie ein innovatives und zukunftsorientiertes Medienunternehmen kennen.

Die wetter.com AG mit Sitz in Singen ist Betreiber des größten deutschen Wetter-Portals im Internet. Neben der erfolgreichen Internetplattform betreibt die wetter.com AG mit dem Deutschen Wetter Fernsehen den einzigen 24-Stunden-Wetterkanal im deutschen Fernsehen, produziert die Wettershows der ProSiebenSat.1-Gruppe und ist auch im Hörfunk sehr aktiv vertreten. Die wetter.com AG ist eine Mehrheitsbeteiligung der ProSiebenSat.1 Media AG, München.

Da wir uns auf der Suche nach neuen Herausforderungen ständig vorwärts bewegen, brauchen wir an unserem neuen Standort Konstanz Verstärkung!

### Was Sie mitbringen sollten:

- Studium der Informatik oder einer vergleichbaren Fachrichtung und/oder praktische Erfahrungen im Bereich Programmierung
- Gute Kenntnisse in HTML, PHP, MySQL, JavaScript (weitere Programmiersprachen sind natürlich auch willkommen) und Webdesign-Basiswissen
- Kompetenzen in Microsoft Office, sehr gute Internetkenntnisse
- Lösungsorientierte Arbeitsweise, hohe Motivation und Eigeninitiative
- Teamfähigkeit
- Lernbereitschaft
- Spaß an der Arbeit

### Was Sie erwartet:

- Ein spannendes und herausforderndes Praktikum in einem zukunftsorientierten Unternehmen
- Selbstständiges Arbeiten sowie gemeinsame Projekte im Team mit ständig wechselnden Aufgaben und Anforderungen
- Perfekte Möglichkeit der persönlichen und fachlichen Weiterentwicklung
- Ein junges, motiviertes und sympathisches Team
- Ein abwechslungsreicher und zukunftsorientierter Arbeitsbereich
- Gute Bezahlung
- Zeitraum nach Absprache

Nehmen Sie diese Herausforderung an? Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung unter [jobs@wetter.com](mailto:jobs@wetter.com).

Weitere Informationen über unser Unternehmen erhalten Sie unter [www.wetter.com](http://www.wetter.com)